

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

RÉPUBLIQUE DU MALI

Un Peuple-Un But-Une Foi



INSTITUT POLYTECHNIQUE
RURAL DE FORMATION ET
DE RECHERCHE APPLIQUEE
(IPR/IFRA) DE KATIBOUGOU



BP: 06 TEL. (223) 226 20 12 / FAX: (223) 21 26 25
04 Site: www.ipr-ifra.edu.ml; E-mail: ipr-ifra@ipr-ifra.edu.ml

ICRISAT-Bamako, BP 320, Bamako, Mali
Tel (223) 20 70 92 00, Fax (223) 20 70 92 01 ; Courriel : icrisat@icrisatml.org

Stratégies d'amélioration de la production et de l'utilisation de la Fumure organique pour une gestion durable de la fertilité des sols au Mali-sud

Mémoire de Fin de Cycle

Présenté par Sery Ibrahima COULIBALY pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur
Agronome de l'IPR/IFRA de Katibougou

Directeur de mémoire

Dr TRAORE Boubou
Chargé de recherche
ICRISAT- Mali

Co – Directeur

Dr COULIBALY Alou,
Enseignant –chercheur
IPR/IFRA de Katibougou
Maitre de conférences

Décembre 2017

Table des matières

DEDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Liste des annexes	ix
RESUME	x
1. INTRODUCTION	1
2. MILIEU D'ÉTUDE ET STRUCTURE D'ACCUEIL	3
2.1. Milieu d'étude	3
2.1.1. Présentation du parc technologique de M'Pessoba	3
2.1.2. Présentation de la commune de M'Pessoba	3
2.2.1. Présentation de l'ICRISAT	5
2.2.2. Objectifs et missions	5
2.2.3. ICRISAT au Mali	5
2.2.4. Le projet Africa RISING à Koutiala	6
3. ÉTAT DES CONNAISSANCES	7
3.1. Etat de la fertilité des sols au Mali -Sud	7
3.2. Formes de la matière organique dans sol	8
3.3. Aperçu sur le compostage	9
3.4. Type de compostage	9
3.5. Différentes phases dans le processus de compostage	9
4. ÉTUDE PRATIQUE	10
4.1. Objectifs	10
4.1.1. Objectif général	10
4.1.2. Objectifs spécifiques	10
4.2. Matériel et méthodes	10
4.2.1. L'enquête	10
4.2.2. Dispositif du compostage	11
4.2.3. Matériels de compostage	11
4.2.4. Etape de compostage	12
4.2.5. Les mesures effectuées	14
4.2.6. Mode d'apport de la fumure organique	14
4.2.7. Dispositif expérimental	14

4.2.8.	Conduite de l'essai sur le mode d'apport de la fumure organique	16
4.2.9.	Observation et mesures.....	16
4.2.10.	Analyse statistique.....	17
4.3.	RESULTATS	17
4.3.1.	Gestion de la production de la fumure organique	17
4.3.1.1.	Caractérisation des exploitations.....	17
4.3.1.2.	Gestion de la matière organique	20
4.3.2.	Mode de compostage	24
4.3.2.1.	Evolution de la température au cours du compostage des tiges de cotonnier et de sorgho	24
4.3.2.2.	Quantité d'eau utilisée u cours du compostage (tige de cotonnier et tige de sorgho) ...	25
4.3.2.3.	La teneur en azote, phosphore et potassium et du carbone (%) des composts au cours du processus de compostage à base de tige de coton	26
4.3.2.4.	La teneur en azote, phosphore et potassium et carbone (en %) des composts au cours du processus de compostage à base de tige du sorgho	27
4.3.2.5.	Taux de matière organique et le rapport C/N	28
4.3.3.	Résultats de l'évaluation des modes d'apport de la fumure organique	29
4.3.3.1.	Caractéristiques physico-chimiques des sols sur l'horizon 0-20 cm.....	29
4.3.3.2.	Hauteur des plants de maïs (cm) en fonction des doses et modes application de la matière organique	29
4.3.3.3.	Effet des fumures sur les composantes du rendement et sur le rendement du maïs-grain (Kg/ha)	30
4.4.	Discussion générale	31
4.4.1.	Gestion de la matière organique dans les exploitations.....	31
4.4.2.	Technique d'apport de la fumure organique	32
5.	CONCLUSION ET SUGGESTIONS	34
	REFERENCES	35
	ANNEXES	xi

DEDICACE

Je dédie le présent mémoire à mes parents Diarra Coulibaly et Mah Traoré, qui n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de mes études. Que ce travail soit le symbole de ma reconnaissance de leur amour infinie.

REMERCIEMENTS

Je remercie Allah, omnipotent et son prophète Mohammad (PSL) dont la clémence et la grâce m'ont permis d'accomplir avec succès ce travail.

Je témoigne ma profonde gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ma formation et à la rédaction de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent à :

- ✓ La Direction de l'IPR/IFRA de Katibougou et à son corps professoral, pour leur pénible et noble mission de formations à travers le Directeur Général ;
- ✓ Mon Directeur de mémoire Dr Traoré Bouba, chercheur à l'ICRISAT, qui, après m'avoir accepté comme stagiaire sans hésiter, n'a ménagé aucun effort pour la réussite de ce stage malgré ses multiples occupations ;
- ✓ Mon co-directeur Dr Coulibaly Alou pour sa disponibilité de corriger ce travail. Ses conseils et son appui m'ont été d'un grand réconfort ;
- ✓ Dr Konaré Hamidou chercheur à l'IER et chef du laboratoire Sol-Eau-Plante, pour sa contribution à la réalisation de ce mémoire ;
- ✓ Dr Koné Tiéfolo enseignant chercheur à la retraite, pour son appui inconditionnel à la qualité scientifique de mon document ;
- ✓ M. Kassambara Elhadji Mamoudou Chercheur à l'IER et chef du volet Génétique à la station de N'Tarla, mon tuteur lors de ce stage, pour ses bonnes orientations scientifiques et son entière disponibilité, sa sagesse, sa largesse d'esprit, son expérience professionnelle qu'il n'a pas hésité à partager avec moi ;
- ✓ Gestionnaire de la Station de Recherche Agronomique de N'Tarla à la personne M. Salia Coulibaly, pour m'avoir accepté à la station lors de mes activités sur le terrain ;
- ✓ Tout le personnel du volet Agronomie à la station de N'Tarla particulièrement à M. Camara et M. Coulibaly Sinko, pour leur sens du partage ;
- ✓ M. N'Diaye Abdoulaye chef comptable de la Station de Recherche Agronomique de N'Tarla, pour la bonne ambiance et le soutien dans le travail ;
- ✓ M. Coulibaly Kassim, pour son appui à la réalisation de mes activités sur le terrain ;
- ✓ Mes parents pour la bonne éducation qu'ils m'ont donnée, leurs soutiens moral et matériel pendant plusieurs années afin que je puisse poursuivre les études ;
- ✓ M. Sidibé Lamine ingénieur agronome, pour son encouragement et sa confiance portée à ma personne ;
- ✓ Toutes les familles Coulibaly, Traore et Diarra pour leurs fraternités envers moi

- ✓ Mes frères et à mes sœurs pour leur soutien inconditionnel, que Dieu vous bénisse ;
- ✓ Mes co-stagiaires, mes camarades de promotion particulièrement Yacouba Daouda Koné, Ba-brehima Traoré, Fotigui Coulibaly, Aboubacar Maïga et Aly Hama Traoré pour leur bonne collaboration ;
- ✓ Tous les membres du Bloc “J” pour leurs consentements ;
- ✓ Mes amis (es), pour leurs soutiens et encouragements ;
- ✓ Tout le personnel de l’IRCT, pour leur sens du partage et de l’hospitalité lors de mon séjour sur le terrain ;
- ✓ Tous mes camarades d’âge qui n’ont pas eu la même chance que moi d’aller à l’école. Ce travail est aussi le vôtre.

SIGLES ET ABREVIATIONS

	Africa Research In Sustainable Intensification for the Next Génération
Africa RISING	(Recherche en Afrique pour une intensification durable pour les générations futures.)
AMEDD	Association Malienne d’Eveil au Développement Durable.
AVRDC	The World Vegetable Center.
CAA	Centre d’Apprentissage Agricole
CAD	Coalition des Alternatives Africaines, Dette et Développement
CEEMA	Centre Expérimental et d’Enseignement du Machinisme Agricole.
CILSS	Comité Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel.
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CMDT	Compagnie Malienne de Développement du Textile
CPCS	Commission de Pédologie et Cartographie des Sols
FAO	Food and Agriculture Organization of United Nations (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
ICRAF	Centre International pour la Recherche en Agroforesterie Institut de l’Environnement et de Recherches Agricoles.
ICRISAT	(Institut International de Recherches sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides).
INERA	Institut de l’Environnement et de Recherches Agricoles
IPR/IFRA	Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée
IRCT	Institut de Recherche sur le Coton et des Textiles
JAL	Jours Après Levé
NPK	Azote Phosphore Potassium
ONG	Organisation Non Gouvernementale
pH	potentiel Hydrogène
USAID	United State Agency for International Development

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différents traitements de compostage mis en place au parc technologique de M'Pessoba au cours de la campagne agricole 2017-2018.....	11
Tableau 2 : La superficie des cultures par type d'exploitation	18
Tableau 3 : Population dans les exploitations.....	19
Tableau 4 : Nombre d'équipements dans les types d'exploitation	19
Tableau 5 : Le nombre d'animaux dans les exploitations.....	20
Tableau 6 : Quantité de résidus (tonne) rentrant dans la production du fumier	20
Tableau 7 : Différents types de fumures organiques produites par les producteurs	21
Tableau 8 : Taux de matière organique et le rapport C/N.....	29
Tableau 9 : Caractéristiques physico-chimiques des sols sur l'horizon 0-20 cm	29
Tableau 10 : Evolution de la hauteur des plants de maïs en fonction des modes d'apport de la fumure organique	30
Tableau 11 : Effet de la technologie sur les rendements et ses composantes	31

Liste des figures

Figure 1 : Plan du dispositif expérimental	15
Figure 2 : Choix de l'apport de la fumure organique les cultures.....	22
Figure 3 : Contraintes liées à l'utilisation de la fumure organique par types d'exploitation ..	22
Figure 4 : Contraintes liées à la production de la fumure organique	23
Figure 5 : Corrélation entre la quantité de la fumure organique produite et quelques variables dépendantes.	24
Figure 6 : Evolution des températures au cours du processus de compostage des tiges du sorgho et du cotonnier	25
Figure 7 : La quantité d'eau utilisée au cours du processus de compostage des tiges du coton et du sorgho	26
Figure 8 : La teneur des éléments chimiques au cours de l'évolution du processus de compostage à base de tige du cotonnier	27
Figure 9 : La teneur des éléments chimiques au cours de l'évolution du processus de compostage à base de tige de sorgho	28

Liste des annexes

Annexe 1 : Différents types de rotations pratiquées par les producteurs dans la zone

Koutiala. xi

Annexe 2 : Une fiche d'enquête xii

RESUME

Au Mali-sud, la contrainte majeure rencontrée par les producteurs agricoles est la baisse progressive de la fertilité des sols. Cette situation résulte d'une insuffisance de la quantité de fumure organique, la mauvaise gestion des résidus de récolte, la rareté des jachères, la disponibilité et de la cherté des engrais minéraux. C'est dans l'objectif de contribuer à résoudre ce problème que cette étude a été initiée. Elle vise à préconiser des pistes de solutions pour mieux comprendre les stratégies d'amélioration de la production de la matière organique et de son utilisation au champ. La méthodologie utilisée a d'abord consisté à mener des enquêtes pour comprendre les stratégies de production et d'utilisation des matières organiques par les producteurs ; évaluer des modes de compostage en tas à base des tiges de coton et de sorgho associées à l'utilisation de biostimulants et enfin la conduite des tests en milieu paysan pour l'évaluation de l'efficacité de deux modes d'apport des fumures organiques.

Les résultats des enquêtes montrent que 52,78% des fumures—organiques produites proviennent de la stabulation nocturne des animaux contre respectivement 21% et 15% pour les ordures ménagères et composts. Les principales contraintes liées à leur utilisation sont principalement le manque de moyen de transport et de main d'œuvre.

Pour le compostage, le compost 4 composé de 1 tonne de tiges de cotonnier + 25 kg/ha de PNT a le rapport C/N plus faible (10,6) tandis que et le plus élevé rapport C/N (19,5) est obtenu par le composte 5 composé de 1 tonne de tiges de sorgho + 25 kg de PNT+ 25 kg d'urée + 1 kg d'inoculum compost plus.

Pour l'évaluation des modes d'apport de la fumure organique, nos résultats ont montré que l'utilisation de la fumure organique par application localisée à raison de 2,5t/ha a donné des rendements de maïs qui sont statistiquement égaux à ceux obtenus avec un apport de 5t/ha à la volée ou par la méthode ordinaire. Ainsi, à partir de ces résultats déduisons qu'un apport de la fumure organique à raison de 2,5t/ha par application localisée permet aux producteurs d'économiser environ 50% de fumure organique par rapport à l'apport à la volée de 5t/ha, qu'ils peuvent utiliser pour d'autres parcelles.

1. INTRODUCTION

La gestion de la fertilité des sols est une préoccupation nationale dans la plupart des pays africains, où le secteur agricole représente plus de 30% du produit intérieur brut (PIB) et occupe plus de 60% des populations (FAO, 2006).

Nombreux sont les travaux qui soulignent que la baisse du niveau de la fertilité des sols au sud du Mali est principalement liés aux mauvaises gestions de l'exploitation (Van der Pol, 1993).

La baisse de la fertilité, autrefois compensée par le système de jachère de longue durée, apparaît de nos jours alarmante, car le niveau de rendement des principales cultures comme le coton, le mil ou sorgho est très faible, n'arrivant plus à satisfaire les besoins de la population croissante (Piérri, 1989). Ainsi l'exploitation permanente des terres agricoles associée à l'utilisation exclusive des fertilisants chimiques ont conduit à une acidification progressive des sols (Sissoko et al., 2005). Selon Van der Pol, (1993), 30 à 40% des revenus générés par les activités agricoles proviennent de l'épuisement des éléments nutritifs du sol à travers un système de non compensation des exportations des éléments minéraux par les récoltés.

Ainsi pour durablement gérer la fertilité des sols, la stratégie d'intégration agriculture-élevage est généralement adoptée (Blanchard, 2010), bien que l'élevage soit peu productif en raison de la faible productivité des pâturages (Piérri, 1989).

Pour répondre à ces contraintes, les producteurs bien équipés, possédant du bétail, ont développé, avec l'appui de la recherche, la production de fumure organique en fosse. Pour cela, les déjections animales, les résidus de cultures et les autres sources de biomasses végétales sont transportées dans la fosse pour y être compostés. Les producteurs moins équipés sont obligés d'acheter plus d'engrais chimiques pour soutenir la fertilité de leur sol. La fumure organique, ainsi produite, est transportée sur les champs avant le lancement des travaux de labour (Blanchard, 2010). Par ailleurs, seul 26% des parcelles reçoivent la fumure organique (Sanogo, 2002). Les producteurs ont tendances à fumer les parcelles les plus proches ou juste une portion de la parcelle à cause d'une insuffisance de la matière organique disponible ; l'insuffisance des moyens de transport dans certaines exploitations agricoles (une seule charrette pour le transport des récoltes et des résidus de récolte, de l'eau et des briques pour la construction des maisons), et des résidus de récolte ; la disponibilité de la main d'œuvre (surtout pendant la saison sèche avec l'exode des actifs ou les activités de commerce), ce qui influence directement sur la quantité de compost produit (Kanté, 2001).

Pour autant, l'amélioration de la production et l'utilisation la fumure organique reste toujours une alternative probante bien que celles-ci soit contrariées par plusieurs facteurs qui sont entre autres : insuffisance de matériels de travail dans certaines exploitations, manque de main d'œuvres, insuffisance de bétails dans les exploitations et notamment de la concurrence entre la production du fumier et les petites activités génératrices des actifs (Dembélé, 1994).

A cela s'ajoute l'insuffisance de la quantité du fumier issu de l'élevage des bovins en raison du faible ratio animal par superficie. Avec l'émergence des agro-éleveurs, la disponibilité de fumier est devenue plus en plus limitant auprès des éleveurs. Les agriculteurs sont donc confrontés à la nécessité d'acquérir du bétail ou d'acheter plus d'engrais chimiques pour maintenir la fertilité des sols de leurs champs (Diarisso et al., 2015). Or, les systèmes de culture au sud Mali sont dominés par les cultures du cotonnier et du maïs dans le sud qui sont plus exigeantes en fertilisation organo-minérale.

La valorisation des résidus de récoltes est généralement faite à travers le compostage au cours duquel les agriculteurs creusent des fosses, pétries de banco ou cimentées près du parc des animaux. Ce système a des inconvénients majeurs qui sont entre autres : les corvées de transport des résidus des champs vers la fosse, ainsi que de la fumure vers les champs (de plus en plus éloignés des maisons). Du coup, une part très importante des résidus agricoles est abandonnée et échappe à la production de fumure organique (Vall et al., 2015). Il serait donc judicieux de valoriser la technologie de micro dose avec la fumure organique. Son application est très bénéfique aux exploitations agricoles surtout les petits producteurs. En effet, elle contribue (i) à minimiser les coûts de production ; (ii) à accroître l'utilisation efficiente des fumures organiques ; (iii) à augmenter les rendements (INERA, 2008). Pour (Tabo et al., 2007), la micro dose contribue à la préservation des ressources naturelles par la réduction de l'érosion et le renforcement de la fertilité des sols et l'utilisation de l'eau.

Pour contribuer à mieux valoriser les matières organiques, la présente étude intitulée « Stratégies d'amélioration de la production et de l'utilisation de la Fumure organique pour une gestion durable de la fertilité des sols au Mali-sud » a été initiée.

De cette problématique générale découlent trois principales questions de recherche :

- ❖ Quelles sont les contraintes pour la gestion des matières organique dans les exploitations agricoles de la zone de Koutiala?
- ❖ Comment valoriser les tiges de coton et sorgho comme source du fumier dans la zone de Koutiala?
- ❖ Comment maximiser l'efficience d'utilisation de la matière organique ?

2. MILIEU D'ÉTUDE ET STRUCTURE D'ACCUEIL

2.1. Milieu d'étude

2.1.1. Présentation du parc technologique de M'Pessoba

Le parc technologique est le lieu où sont exposées les technologies générées par la recherche au même titre que les Plateformes d'Innovation pour faciliter l'appropriation des résultats des projets par les bénéficiaires et les acteurs locaux du développement rural.

Le parc technologique de M'Pessoba est situé sur le territoire du Centre d'Apprentissage Agricole (CAA) de M'Pessoba, situé entre deux collines, l'une à l'Est et l'autre à l'Ouest à faible altitude. Il s'étend dans une sorte de bas-fond qui caractérise son relief. Il se situe sur la route nationale (RN7), sur l'axe routier M'Pessoba-Koutiala. Il est distant de 6 km du village de M'Pessoba et de 38 km de la ville de Koutiala. Il est limité au Sud par la forêt classée, au Nord-Est par Sobala, au Nord par Zandiéla et au Sud-Ouest par la Station de Recherche Agronomique de N'Tarla. La superficie totale du parc fait 2 ha. Le climat est de type soudanien, présentant un climat caractérisé par deux saisons : une saison sèche de Novembre en Avril et une saison pluvieuse de Mai en Octobre. La moyenne pluviométrique varie entre 800 à 1100 mm suivant les années.

2.1.2. Présentation de la commune de M'Pessoba

Créée par la Loi n° 96 – 059 du 4 novembre 1996, la Commune Rurale de M'Pessoba est administrée par un conseil communal de vingt-trois (23) membres. Elle est située à 45 km au Nord-Ouest du cercle de Koutiala et traversée par la route RN12 et est limitée au Nord par la commune de Zanina et le cercle de Bla, à l'Ouest par les communes de Kafo Faboli et Karagouana Mallé, au Sud par les communes de N'Golonianasso et N'Tossoni et à l'Est par les communes de Tao et de Fakolo. La commune est composée de 21 villages qui sont : Bana, Boudibougou, Danzana, Dempela I, Dempela II, Dentiola I, Dentiola II, Fantala, Gouentiesso, Dozola, Kemessorola, Kintieri, Kolomosso, Mina, M'Pessoba, Nankorola, N'Tarla, Pala, Sobala I, Sobala II, Zandiéla.

La superficie de la commune rurale de M'Pessoba est de 896 Km² et sa pluviométrie oscille entre les hysoyètes 800 et 900 mm. Le climat est de type soudanien à tendance sahélienne. On y rencontre principalement des sols à texture sablo-argileux qui constituent la plupart des terres cultivées ; à texture argilo-limoneux qu'on rencontre dans les bas-fonds propices à la riziculture et les sols gravillonnaires qui sont rencontrés sur les plateaux.

La faune est négativement affectée par la croissance démographique, le braconnage et les incendies de forêt. Cependant, on y rencontre quelques hérissons, écureuils, singes et rats. S'agissant d'oiseaux, on y rencontre des perdrix, mange-mil, tourterelles, éperviers et d'autres petits oiseaux. Enfin des reptiles (varans, serpents, lézards etc.) y vivent.

La flore est composée principalement d'une forêt classée avec une superficie de 2700 ha. Les essences dominantes sont entre autres : le Néré (*Parkia bigloboza*) et Le Karité (*Butyrospermum parkii*). Les arbustes rencontrés sont : Kundjè (*Guiéra sénégaleensis*) ; N'Golobè (*Combretum micrantum*) ; Zaban (*Saba sénégaleensis*) ; Gnama (*Bauhinia reticulata*). Le tapis herbacée est constitué de : Narakata (*Digitaria ciliaris*) ; N'Golo (*Pennisetum pedicellatum*).

La population est de 36 297 habitants selon le RAVEC (2009) avec une densité de 36,297 habitants/km². La population est majoritairement composée de Minianka et Bambara. L'activité économique est dominée par l'agriculture et le commerce. Le coton est la principale culture de rente et est exclusivement commercialisé par la CMDT tandis que les céréales (maïs, mil et sorgho) sont les plus écoulées sur les marchés hebdomadaires.

L'élevage et l'agriculture sont intimement liés. Ils occupent une place prépondérante dans leurs économies. Les produits de l'élevage (la viande, le lait, les œufs de la volaille) sont transportés sur le marché hebdomadaire. La cueillette constitue la principale activité génératrice de revenu des femmes et des jeunes en particulier. Elle occupe aussi une place importante dans l'alimentation de la population. Le beurre de karité entre dans la cuisine, la commercialisation et dans la fabrication de savons indigènes. Le Néré est utilisé dans la fabrication de condiment dit « Soumala ». Le « Zamba » pour la consommation locale (jus et bouillie).

La pêche est pratiquée à petite échelle dans les mares autour du village pour la consommation locale. Pour le commerce, la commune abrite l'un des plus grand marché hebdomadaire du cercle de Koutiala où se retrouvent tous les dimanches les commerçants venant de Koutiala, de Ségou, de Bla, de Sikasso, de Mopti et de Bamako. A part le coton dont la commercialisation est assurée par la CMDT, tous les produits agricoles se vendent dans le marché.

2.2. Présentation de la structure d'accueil

2.2.1. Présentation de l'ICRISAT

L'Institut International de Recherche sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-arides est une organisation internationale à but non lucratif et apolitique dont le siège se trouve en Inde dans l'état d'Andhra Pradesh dans le village de Patancheru. Créé en 1972, il est l'un des 15 centres financés par un ensemble de plus de 50 bailleurs de fonds à travers le Groupe Consultatif pour la recherche Agricole Internationale (CGIAR).

2.2.2. Objectifs et missions

Son but est d'encourager un développement agricole fondé sur la recherche scientifique.

La mission de l'ICRISAT est d'aider les paysans à augmenter la productivité agricole, la sécurité alimentaire, réduire la pauvreté et protéger l'environnement à travers la recherche scientifique.

Les activités de l'ICRISAT couvrent les zones semi-arides des tropiques de l'Inde, et de l'Afrique de l'Ouest du Centre, de l'Afrique de l'Est et Australie. L'accent est mis sur les cinq cultures qui revêtent une importance particulière dans l'alimentation des pauvres : le sorgho, le mil, l'arachide, le pois chiche et le pois d'Angole.

2.2.3. ICRISAT au Mali

Localisation : Il se trouve sur l'aire géographique du village de Samanko. La station de recherche de l'ICRISAT est située à 25 Km au sud-ouest de Bamako et se trouve sur la gauche de la route de Kangaba. Samanko est un village de la commune rurale du Mandé dans la sous-préfecture de Kati dans la région de Koulikoro. Ses coordonnées sont les suivantes : L'altitude moyenne est de 331m ; 12°5' Attitude Nord Est, 8°5' Longitude Ouest.

D'une superficie de 126 ha, la station est limitée à l'Est par le fleuve Niger, au Nord-est par les locaux du Corps de la paix, au Nord-Ouest par le village de Ouezimbougou, à l'Ouest par le village de Samanko au Sud-ouest par le Service Semencier National (SSN), au Sud par le Centre d'Expérimentale et d'Enseignement du Machinisme Agricole (CEEMA) et le Centre d'Apprentissage Agricole de Samanko (CAA).

Domaines d'intervention : Au Mali l'ICRISAT couvre les zones de culture du sorgho, du mil, de l'arachide. Ceci en collaboration avec les instituts nationaux de recherche (Institut

d'Economie Rurale, et IPR), les ONG (Organisation Non Gouvernementale) tels que AMEDD, CADD, etc., les Services de Vulgarisation et les organisations paysannes.

2.2.4. Le projet Africa RISING à Koutiala

Composante de l'Initiative présidentielle « Feed the Future » du gouvernement américain, le projet Africa RISING est financé par l'Agence d'Aide au Développement des Etats Unis d'Amérique (USAID) et est mis en œuvre en Afrique de l'Ouest, de l'Est et du Sud. Le projet de Recherche sur l'Intensification Durable pour les Futures Génération en Afrique (Africa RISING) vise l'intensification durable des systèmes mixtes d'élevage et de cultures en Afrique de l'Est, de l'Ouest et du Sud. L'objectif global du projet est de produire à travers la recherche développement (R&D) des technologies pour améliorer les technologiques d'intensification durable de l'agriculture et l'élevage afin d'améliorer les conditions d'existence et la nutrition des populations rurales. L'objectif à long terme vise à améliorer la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations rurales en Afrique Subsaharienne.

Il est mis en œuvre par des équipes de recherche multidisciplinaires et des partenaires de développement des secteurs public et privé en collaboration avec des agriculteurs et des organisations communautaires du nord du Ghana et du sud du Mali. Au Mali, le projet Africa RISING est mis en œuvre par ICRISAT en partenariat avec d'autres institutions de recherche et de développement dans les cercles de Bougouni et de Koutiala (région de Sikasso).

Lors de la première phase du programme (2011-2016), quatre parcs technologiques ont été mis en place. Cette phase explorera également de nouveaux domaines et de recherche issus des expériences de la première phase, notamment en utilisant les résultats des analyses de système agricoles et des types de fermes pour orienter le ciblage de la recherche et la diffusion de la technologie.

3. ÉTAT DES CONNAISSANCES

3.1. Etat de la fertilité des sols au Mali -Sud

Selon la classification CPCS (Commission de Pédologie et Cartographie des Sols, 1974), les sols de la zone du Mali-sud sont de types ferrugineux tropicaux (peu ou non lessivés et lessivés) ou de types Lixisols selon la légende révisée de la (FAO, 1974) ou de types Alfisols selon la taxonomie du sol (Keita, 2000). Ces types de sols sont généralement riches en sesquioxydes et hydrates métalliques. Ils sont de couleur teinte claire, présentant des profils différenciés avec des horizons bien distincts et une variation de texture nette.

Les formes lessivées présentent une déficience en matière organique, azote, phosphore, potassium et une capacité de rétention en eau utile faible. Elles montrent une structure peu favorable à la pénétration racinaire au-delà de l'horizon supérieur, un encroûtement en surface (pellicule de battance) qui favorise le ruissellement des eaux pluviales, une faible capacité d'échange cationique et la somme des bases échangeables. Il facilite un risque d'acidification accru, ce qui entrave la bonne productivité des cultures (Somé et al., 2006). Selon Albrecht et al., (1998), ce type de sol est dépourvu du couvert végétal. En d'autre terme, le remplacement des jachères au profit d'une agriculture itinérante dont la nutrition des plantes est principalement assurée par l'utilisation des engrais minéraux. Ceux qui entraîne progressivement la réduction de la capacité de renouvellement de la matière organique (Thiombiano, 2000).

Pour mieux gérer la fertilité des sols et établir un système de production durable, les producteurs ont développé une certaine connaissance avec l'appui de la recherche sur la production de la matière organique et de la gestion des biomasses issues des récoltes. Selon (Kanté, 2001) et (Blanchard, 2010), les producteurs produisent principalement de la (i) fumure domestique; (ii) de la fumure organique riche en déjection animale; (iii) et de la fumure organique riche en résidus de culture.

Les fumures domestiques sont composées principalement par des fèces humaines et des tas d'ordures qui sont dans la plupart près des habitations et sont produites tout au cours de l'année. Cette fumure organique est produite à partir des ordures ménagères et les femmes sont les actrices principales; mais souvent épaulées par les hommes. Autour des habitations on y trouve également des composts dits de la concession, composés principalement de matières végétales avec un apport plus ou moins important de déjections animales et/ou d'ordures ménagères. La production de ce type de fumure organique se fait en creusant des fosses non loin d'un point d'eau et à l'ombre d'un arbre. Les fosses sont ainsi régulièrement

arrosées notamment en saison sèche, tassées et couvertes de terre afin de favoriser l'augmentation de la température, accélérer la décomposition des matières organiques.

On y rencontre également des composts de champ qui sont composés de matières d'origine strictement végétales, produits dans les champs. Dans ce cas, les paysans utilisent les débris végétaux (les résidus de culture, refus du battage, les feuilles des arbres et le reste de l'affouragement) disponibles dans les champs. Le remplissage des fosses avec des résidus de culture se fait en saison sèche et est complété en hivernage (Vall et al., 2015).

Quant aux fumures riches en déjections animales, elles sont produites dans des enclos appelés parc d'animaux. Elles sont de deux sortes soit obtenues seulement des déjections animales sans apport de résidus végétaux ou soit des fumiers issus des parcs améliorés (déjections animales mélangées à des résidus végétaux apportés comme litière) (Coulibaly et al., 2014). L'apport de la litière sous les animaux permet d'augmenter la quantité de fumure produite et d'obtenir un parc sain pour les animaux.

Malgré la connaissance de toutes ces techniques de production de fumure organique, il ressort que seulement 26% des parcelles dans la zone Mali Sud sont fumées (Sanogo, 2002). Les producteurs ont tendance à fumer les parcelles les plus proches ou juste une portion de la parcelle à cause de l'insuffisance de la matière organique disponible ; l'insuffisance des moyens de transport dans certaines exploitations agricoles ou de la disponibilité de la main d'œuvre à cause de l'exode des actifs ou les activités de commerce.

3.2. Formes de la matière organique dans sol

Généralement les matières organiques se trouvent au niveau du sol sous quatre formes:

- ✓ la matière organique vivante, animale, végétale et microbienne, qui englobe la totalité de la biomasse en activité ;
- ✓ les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres) et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «matière organique fraîche» ;
- ✓ des composés organiques intermédiaires, appelés matière organique transitoire (évolution de la matière organique fraîche) ;
- ✓ des composés organiques stabilisés, les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes (Feller, 1995).

3.3. Aperçu sur le compostage

Le compostage est un processus naturel de « dégradation » ou de décomposition de la matière organique par les micro-organismes dans des conditions bien définies (Séverine, 1997). Les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets animaux, les restes alimentaires, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés, peuvent être appliquées aux sols en tant que fertilisant à leur état brut comme après le processus de compostage terminé (FAO, 2005)

3.4. Type de compostage

Selon (Séverine, 1997) Le compostage peut être divisé en deux catégories selon la nature du processus de décomposition :

Le compostage anaérobie

La décomposition se passe en absence ou en quantité infime d'oxygène dans une basse température. Les matières organiques utilisées pour ce compostage s'accumulent et ne sont pas métabolisées. Dans ce processus, les microorganismes anaérobies dominent et élaborent des composés intermédiaires comme du méthane, des acides organiques, du sulfure d'hydrogène et d'autres substances.

Le compostage aérobie

Le compostage aérobie a lieu en présence d'une grande quantité d'oxygène. Au cours de ce processus, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent du gaz carbonique (CO₂), de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus, qui est le produit organique final relativement stable (FAO, 2005).

3.5. Différentes phases dans le processus de compostage

Selon Mustin, (1987) le processus de compostage peut être décomposé en 3 phases majeures qui sont : la phase mésophile, la phase thermophile et la phase de refroidissement. Le suivi de la température au cours du compostage détermine l'activité de la succession de populations microbiennes liées aux modifications du milieu.

4. ÉTUDE PRATIQUE

4.1. Objectifs

4.1.1. Objectif général

Contribuer à l'amélioration de la fertilité des sols dans le système de culture à base de céréales au sud du Mali.

4.1.2. Objectifs spécifiques

- ❖ Inventorier les stratégies et les pratiques de gestion de la production de la fumure organique dans les petites exploitations agricoles ;
- ❖ Améliorer la procédure de production de compost à base de tige de cotonnier ou de sorgho ;
- ❖ Identifier le meilleur mode d'apport des fumures organiques pour les céréales au sud du Mali.

4.2. Matériel et méthodes

L'approche méthodologique a porté sur trois principaux points : (i) une enquête pour mieux comprendre les stratégies de production et d'utilisation des matières organiques par les producteurs, (ii) mise en place des techniques de compostage en tas à base des tiges de cotonnier et de sorgho associé à l'utilisation de biostimulants et enfin (iii), la conduite des tests en milieu paysan pour l'évaluation de l'efficacité des modes d'apport des fumures organiques.

4.2.1. L'enquête

L'option méthodologique de l'enquête est basée sur l'analyse qualitative et quantitative de la production de la fumure organique. Les enquêtes ont été réalisées auprès des producteurs du réseau Africa RISING dans la commune de M'Pessoba (12,68 349° N, -5,82 263° W), cercle de Koutiala, région de Sikasso. Le choix des producteurs a été fait sur la base de volontariat et en fonction des critères qui portent sur l'appartenance à l'association paysanne du village de M'Pessoba et avoir la confiance des autres producteurs. Les candidats doivent être prêts à être formé et former au minimum 15 autres producteurs sur les innovations. Au total, 30 chef d'exploitation ou chef des travaux dans les exploitations ont été interviewés avant l'installation de la période hivernale. Les entretiens ont été effectués en langue Bambanankan. Les questions ont porté sur la caractérisation des exploitations (le système de culture ; la gestion

des activités et les équipements), sur la production et utilisation de la fumure organique et enfin sur les contraintes (voir Annexe 2).

4.2.2. Dispositif du compostage

Les activités ont été conduites dans le parc technologique de M'Pessoba.

L'approche était basée sur l'utilisation de biostimulants comme inoculum, PNT, Urée et de fumier de parc pour améliorer la qualité et le temps de décomposition des tiges de cotonnier et sorgho lors de leur compostage. L'évaluation du processus de compostage a été réalisée suivant un dispositif en blocs simples non répétés. Le facteur étudié est le mode de production du compost en tas, pris à cinq niveaux de variation, qui constituaient les traitements (voir tableau 1).

Tableau 1 : Différents traitements de compostage mis en place au parc technologique de M'Pessoba au cours de la campagne agricole 2017-2018

Cotonnier	Sorgho
Compost 1 (T1) : 1 tonne de tige de cotonnier +1 kg d'inoculum compost plus	Compost 1 (T1) : 1 tonne de tige de sorgho +1 kg d'inoculum
Compost 2 (T2) : 1 tonne de tige de cotonnier + 25 kg/ha d'Urée	Compost 2 (T2) : 1 tonne de tige de sorgho+ 25 kg/ha d'Urée
Compost 3 (T3) : 1 tonne de tige de cotonnier + 100 kg/ha de fumier	Compost 3 (T3) : 1 tonne de tige de sorgho + 100 kg/ha de fumier
Compost 4 (T4) : 1 tonne de tige de cotonnier + 25 kg/ha de PNT	Compost 4 (T4) : 1 tonne de tige de sorgho + 25 kg/ha de PNT
Compost 5 (T5) : 1 tonne de tige de cotonnier + 25 kg/ha urée +1kg/ha d'inoculum + 25kg/ha de PNT	Compost 5 (T5) : 1 tonne de tige de sorgho + 25 kg/ha urée +1kg/ha d'inoculum + 25kg/ha de PNT

PNT : Phosphate Naturel de Tilemsi

4.2.3. Matériels de compostage

Le coupe-coupe a été utilisé pour la coupe en morceau des tiges de sorgho et de cotonnier, la coupe des piquets pour la délimitation de l'emplacement des tas. Un mètre ruban et une corde ont été respectivement utilisé pour mesurer les dimensions du tas et attacher le tas à travers les quatre piquets afin d'éviter le débordement. Un thermomètre et un humidimètre ont été utilisés pour prélever la température et l'humidité du compost. La bêche est utilisée pour le retournement du compost.

Nous avons aussi utilisé les tiges de cotonnier et de sorgho comme matière végétale. Des produits comme l'urée, l'inoculum compost plus ; le PNT et le fumier de parc ont été utilisés comme catalyseur pour la décomposition des matières organiques. La mise en tas proprement dite a été faite selon les étapes décrites ci - dessous.

4.2.4. Etape de compostage

❖ Etape 1 : Préparation des matériaux

Elle a consisté à rassembler les résidus et les faire couper en morceau de 15 et 40 cm (Photo 1).

❖ Etape 2 : Emplacement du tas

Le choix de l'emplacement a été fait en fonction de la proximité d'une source d'eau. Les dimensions du tas étaient : 1,5 m de côtés et 1 m de hauteur. Les feuilles vertes ont été déposées au fond du tas qui ont servi d'indicateur de la limite inférieure du tas (Photo 2).

❖ Etape 3 : Formation du tas

Le poids de la matière sèche végétale était de 200 kg pour chaque tas, qui fut divisée en 5 lots de 40 kg chacun. La formation du tas a consisté à superposer les couches de matière organique végétale de 40 kg chacune plus (Photo 3) le catalyseur retenu respectivement pour chaque traitement. Les différentes couches sont juxtaposées l'une après l'autre, bien damées avec le piétinement et arrosées jusqu'à ce que l'eau commence à suinter aux abords du tas.

❖ Etape 4: Couverture du tas

La mise en place terminée, le tas est couvert avec un film plastique de couleur noir pour conserver la chaleur et éviter le dessèchement rapide. Il permet aussi d'empêcher les animaux de fouiner dans le tas à la recherche de nourriture.

❖ Etape 5: Arrosage et retournement

L'arrosage et le retournement ont été un entretien fréquent au niveau de tous les traitements. L'arrosage s'effectuait une fois par semaine et le retournement se faisait toutes les deux semaines. Le retournement a consisté à reconstituer le tas dans le sens inverse de la précédente installation (Photo 5). La moitié supérieure du tas est successivement installée sur les couches inférieures et vice versa.



Photo 1 : préparation des matériaux



Photo 2 : préparation de l'emplacement du tas



Photo 3 : la formation du tas



Photo 4 : couverture du tas



Photo 5 : Arrosage et retournement

4.2.5. Les mesures effectuées

Le relevé de température et d'humidité s'effectuaient tous les quatre (4) jours et cela, durant tout le processus du compostage. Les quantités d'eau étaient déterminées au cours de chaque séance d'arrosage. L'arrosage se faisait une fois par semaine. Au moment de l'arrosage, une fois que l'eau commençait à suinter aux abords du tas, on arrêta. A chaque arrosage, le nombre d'arrosoirs rempli d'eau mis dans le tas était noté. Des échantillons ont été prélevés de compost toutes les deux semaines afin de déterminer les caractéristiques chimiques telles que le carbone organique (Walkley-Black), l'azote total (Kjedhal), le phosphore total et le phosphore assimilable (Bray-I), et le rapport C/N.

4.2.6. Mode d'apport de la fumure organique

Le test du mode d'apport de la fumure organique a été effectué dans le village de M'Pessoba et chez 5 paysans. Les fumures ont été produites par les producteurs et utilisées sur la culture de maïs (variété Sotubaka et Dembaniuma).

➤ Traitements

Au total quatre traitements incluant le témoin sans apport de fumure organique ont été mis en place pour déterminer le meilleur mode d'apport de la fumure organique dans le cadre de la gestion durable de la fertilité du sol. Les traitements sont définis ci-dessous.

T1 : Témoin sans apport de fumure organique + fumure minérale vulgarisée (150kg/ha de complexe céréale + 100kg/ha d'urée)

T2 : Pratique paysanne d'épandage de fumure organique (à la volée : 05t/ha) + fumure minérale vulgarisée (150kg/ha de complexe céréale + 100kg/ha d'urée)

T3 : Application localisée de fumure organique (05t/ha) + fumure minérale vulgarisée (150kg/ha de complexe céréale + 100kg/ha d'urée)

T4 : Application localisée de fumure organique (2,5t/ha) + fumure minérale vulgarisée (150kg/ha de complexe céréale+100kg/ha d'urée)

La fumure minérale a été apportée sur tous les traitements selon les recommandations de la recherche dont les doses sont : 150kg/ha de complexe céréale NPK (15-15-15) et 100kg/ha d'urée (46% d'azote).

4.2.7. Dispositif expérimental

L'étude a été conduite suivant un dispositif en blocs de Fisher et avec cinq répétitions dont chaque producteur représentait une répétition. La superficie d'une parcelle élémentaire était : 8 m x 12 m soit 96 m². Les écartements choisis étaient : 0,80 m x 0,40 m, ce qui donne 10 lignes de 12 m de long chacune par parcelle élémentaire. Chaque ligne comprenait 30

poquets. Les différentes parcelles élémentaires étaient espacées d'1 m et les blocs étaient espacés de 2 m. La superficie totale de l'essai faisait : 910 m². Le plan de masse est représenté par la figure 1.

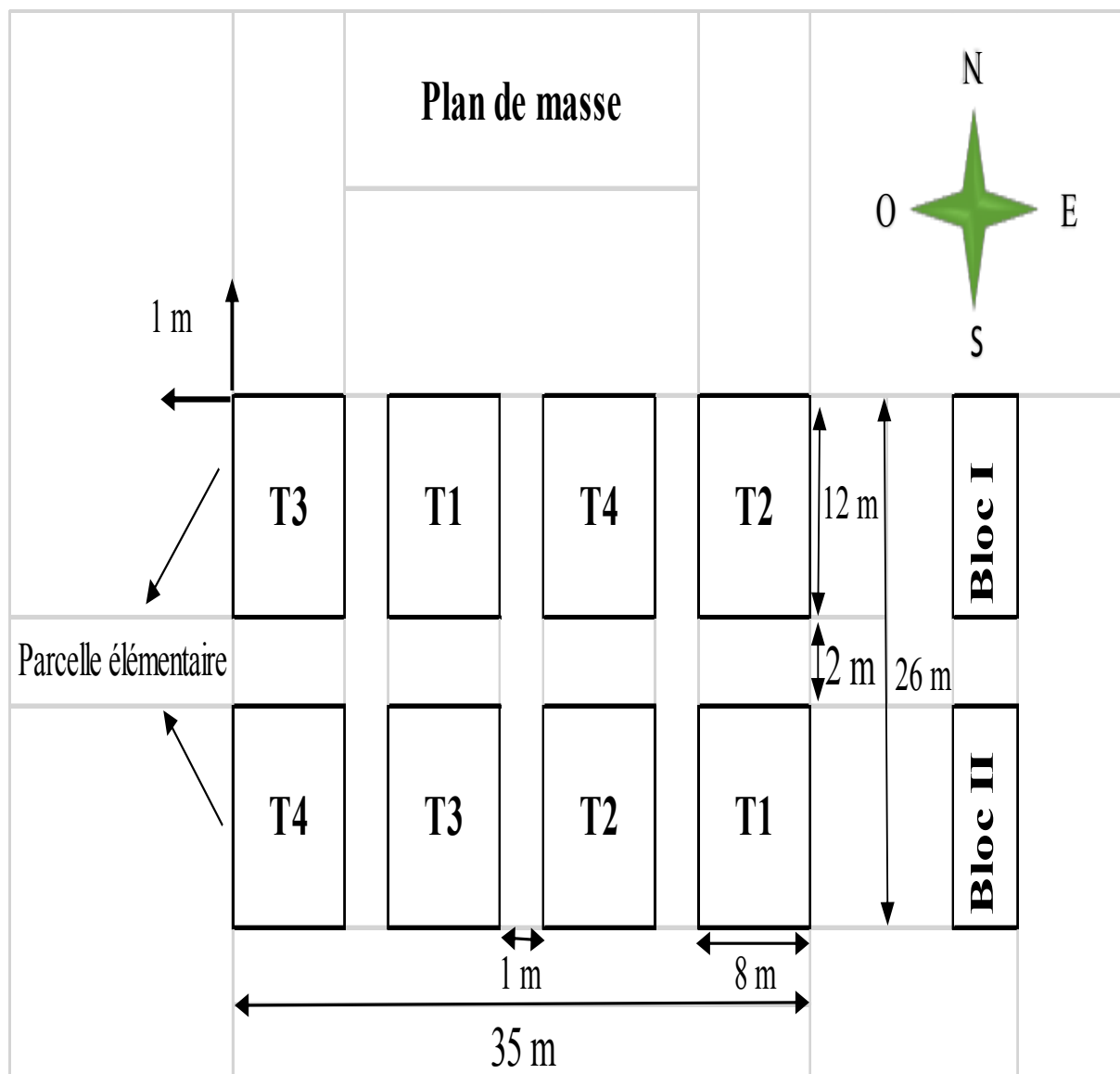


Figure 1: Plan du dispositif expérimental

4.2.8. Conduite de l'essai sur le mode d'apport de la fumure organique

❖ Préparation du sol

Un labour, à la traction bovine à une profondeur de 15 cm, a été réalisé. Après le labour, la parcelle de l'essai ainsi que les parcelles élémentaires ont été délimitées à l'aide d'une méthode 3-4-5.

❖ Semis et démariage

Le semis a été réalisé manuellement à 4 graines par poquet avec un écartement de 0,4 m entre les plants et 0,8 m entre les lignes. Le démariage a été réalisé une semaine après la levée chez tous les producteurs et à deux plants par poquet soit une densité théorique de 62500 plants/ha.

❖ La fertilisation organique

Les fumures organiques ont été apportées juste après le semis en fonction du traitement défini : épandage à la volé sur les parcelles T2, application localisée au niveau des poquets à raison de 5t/ha pour le T3 et 2,5t/ha pour le T4. Elle a été appliquée de la même manière chez tous les cinq producteurs.

❖ La fertilisation minérale

Le complexe céréale est apporté une semaine, après 50% de la levée observée. L'apport de l'urée a été fractionné à raison de 50 kg/ha au 15^{ème} JAL et 50 kg/ha au début de la floraison.

❖ **Entretiens :** Les entretiens ont porté sur le sarclage qui a été effectué au 15^e JAL et au 45^e JAL et le buttage a été fait au 45^e JAL. Ces opérations ont été appliquées de la même façon sur toutes les répétitions.

4.2.9. Observation et mesures

Les observations ont été effectuées sur dix plants choisis au hasard sur les quatre lignes centrales, qui représentaient la parcelle utile, de chaque parcelle élémentaires. Elles ont porté sur :

❖ Taux de levés des plants 3 jours JAS :

Le nombre de poquets levés est un critère de jugement de la qualité d'installation de la culture. Le nombre de plants levés a été compté dans les 10 poquets des quatre lignes centrales de chaque traitement. Ce comptage a commencé 3 JAS et s'est poursuivi jusqu'à la constatation de 50% des plants levées.

❖ Hauteur des plants au 15^{ème}, 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème} JAL et à la récolte

La mesure a porté sur les 10 plants des quatre lignes centrales à l'aide d'un mètre ruban. La pratique consistait à mettre le bout du ruban au niveau du collet jusqu'au bourgeon terminal. Les mesures ont été effectuées respectivement à 15 JAL, 30 JAL, 45 JAL 60 JAL ainsi qu'à la récolte.

❖ Longueur et taux de recouvrement de l'épi

Ces mesures ont été effectuées sur les épis récoltés sur 10 plants d'observation de chaque traitement :

- * La longueur de l'épi : La longueur réellement couverte par les grains a été mesurée.
- * Le taux de recouvrement de l'épi : La détermination de cet indice a consisté à faire le rapport de la longueur réellement couverte et la longueur totale de l'épi multiplié par cent.

❖ Rendement grain

La récolte a été effectuée à la maturité physiologique. Après la récolte, les épis ont été déspathés manuellement, séchés au soleil pendant 7 à 10 jours et puis le poids des épis de chaque traitement a été déterminé. Le poids grain/ha a été déterminé après l'égrenage et selon la formule ci-dessous.

$$\text{Rendement (kg/ha)} = \frac{\text{Rdt par PU} \times 10\,000 \text{ m}^2}{\text{Superficie de la PU}}$$

Rendement paille : après la récolte des épis, les tiges sont coupées au collet, ensuite sectionnées, mises au séchage puis pesées.

$$\text{Rendement paille} \left(\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right) = \frac{\text{Rdt paille parcellaire par PU} \times 10\,000 \text{ m}^2}{\text{Superficie de la PU}}$$

4.2.10. Analyse statistique

Les analyses de variances des données ont été faites à l'aide du logiciel GENSTATE édition 15 avec application du test de Newman et Keuls au seuil de signification 5% pour la comparaison des moyennes des traitements.

4.3. RESULTATS

4.3.1. Gestion de la production de la fumure organique

4.3.1.1. Caractérisation des exploitations

L'analyse de la structure des exploitations agricoles a porté sur six composantes principales : type de rotation, superficies par culture et de l'exploitation, population, équipements, cheptels et distance entre le champ et la concession.

- **Systèmes de rotations :** L'analyse fait ressortir plusieurs types de rotations qui sont pratiqués dans les exploitations agricoles. Toutefois, Il ressort que dans la zone d'étude le système de rotation est dominé par la culture du coton suivi de céréales (maïs, mil et sorgho) (Annexe 1). Pour toutes les exploitations, le système de rotation dominant est de type Coton-Mil-Sorgho, Coton-Maïs-Sorgho, Coton-Maïs-Mil ou Coton-Sorgho-Mil. Les

rotations uniquement à base de céréales (Maïs-Sorho-Mil ou Maïs-Sorho-sorgho) sont moins fréquentes mais on en retrouve surtout dans les exploitations de type C.

- **La superficie moyenne occupée par culture et celle de la superficie moyenne de l'exploitation :** Dans le Tableau 2 sont donnés les résultats obtenus. la superficie moyenne des exploitations enquêtées est de 11,29 ha. Toutefois cette moyenne est variable en fonction du type d'exploitation. Ainsi les exploitations de type A et B ont respectivement en moyenne 16 ha et 10 ha contre 7 ha pour les exploitations de type C. La répartition des superficies en fonction des cultures montre que 2/3 de l'assolement est réservé aux céréales. La culture du mil occupe la plus grande superficie de l'exploitation avec une moyenne de 3,26 ha contre 2,93 ha et 2,50 ha respectivement pour le coton et le sorgho.

Tableau 2 : La superficie des cultures par type d'exploitation

Typologie De l'exploitation	Maïs	Coton	Sorgho	Niébé	Arachide	Mil	Superficie totale en moyenne (ha)
A	2,27	5,04	3,04	0,50	0,50	4,96	16,31
B	1,63	2,42	2,32	0,63	0,44	2,63	10,08
C	0,92	1,33	2,13	0,42	0,50	2,20	7,49
Moyenne Générale	1,61	2,93	2,50	0,51	0,48	3,26	11,29

- **Analyse de la population dans les exploitations :** Il ressort que le nombre moyen par exploitation est de 20 personnes, mais cette moyenne varie en fonction des types d'exploitation (Tableau 3). Ainsi les exploitations de type A et B ont respectivement en moyenne 34 et 17 personnes contre 10 personnes pour les exploitations de type C. Le nombre d'actifs est fonction de la taille des populations. Ainsi les types A et B ont respectivement 12 et 7 actifs contre 4 actifs pour les exploitations de type C. il ressort globalement que dans toutes les exploitations, 3 actifs mènent pendant au moins 4 mois des activités parallèles telles que le commerce ou la cueillette, ou la pratique de l'aviculture.

Tableau 3 : Population dans les exploitations

Typologie	Population	Nombre d'actifs	Actifs faisant des activités parallèles	Nombre de mois pour les activités parallèles
A	33,92	12,08	3,82	4,07
B	16,87	7,13	2,50	3,70
C	10,33	4,00	2,00	5,00
Moyenne Générale	20,37	7,74	2,77	4,26

- **Equipements :** Les exploitations, en général, possèdent en moyenne deux charrues et contre un multiculteur et un semoir. Toutefois, prises à part, il ressort que les exploitations de type A possèdent 3 unités de charrue contre 2 unités pour les types B et C. Par ailleurs, toutes les exploitations possèdent une unité de charrette mais aucune ne possède formellement un tracteur (voir tableau 4).

Tableau 4 : Nombre d'équipements dans les types d'exploitation

Typologie	charrue	Multiculteur	semoir	Nombre de charrettes	Nombre de tracteurs
A	2,50	2,04	1,33	1,67	0,08
B	2,33	0,60	0,60	1,20	0,00
C	1,83	0,00	0,17	1,00	0,00
Moyenne Générale	2,22	0,88	0,70	1,29	0,03

- **Cheptel :** Il ressort qu'en moyenne, les exploitations de Koutiala possèdent respectivement 7 bovins et 8 ovins contre 10 caprins et deux ânes (Tableau 5). Pour les exploitations de type A, les bœufs de labour représentent 1/3 du troupeau de bovins contre une moyenne de 3 bovins pour les exploitations de type B. En revanche les exploitations de types C ne possèdent que des bœufs de labour (environ 1). Dans les troupeaux des petits ruminants (caprins et ovins), les exploitations de type A ont en moyenne 34,59 correspondant aux double du troupeau des petits ruminants des exploitations de type B ; tandis que les exploitations de types C n'en possèdent qu'une moyenne de 5 petits ruminants.

Tableau 5 : Le nombre d'animaux dans les exploitations

Typologie	Cheptels				
	Bœuf de labour	Bovin	Ovin	Caprin	Âne
A	5,42	14,58	16,38	18,21	2,38
B	3,07	5,40	7,00	10,27	1,87
C	1,67	1,67	2,33	2,17	1,50
Moyenne Générale	3,38	7,22	8,57	10,21	1,91

4.3.1.2. Gestion de la matière organique

- **Quantités moyennes des résidus utilisées pour la production de la fumure organique (en t) :** Les chiffres du tableau 6 représentent les quantités moyennes des résidus en tonne utilisées pour la production de la fumure organique dans les différents types d'exploitation. La quantité moyenne des résidus rentrant dans la production de la fumure organique des exploitations enquêtées est de 19,96 tonnes mais avec des quantités variables en fonction des types d'exploitation. Ainsi les quantités moyennes annuelles des résidus produits respectivement par les types A et B sont 31,6t et 17,52t contre 11,77t pour les types C.

Tableau 6 : Quantité de résidus (tonne) rentrant dans la production du fumier

Typologie	Maïs	Niébé	Mil	Coton	Sorgho	Arachide	Total des résidus (t)
A	8,45	0,87	5,59	8,08	7,48	1,13	31,60
B	5,39	0,76	2,64	3,81	4,08	0,84	17,52
C	3,17	0,63	2,40	2,43	1,67	0,47	10,77
Moyenne Générale	5,67	0,75	3,54	4,78	4,41	0,81	19,96

- **Différents types de fumures organiques produites dans la zone d'étude par exploitation :** Le tableau 7 présente les différents types de fumures organiques produites dans la zone d'étude par exploitation. Dans l'ensemble, 52,78% de la matière organique produite proviennent de la stabulation nocturne des animaux contre respectivement 21% et 15% pour les ordures ménagères et composts. Les fumures des exploitations de type A et B proviennent majoritairement de la stabulation nocturne des animaux, avec des

proportions correspondant respectivement à 75% et 66,67%. Pour les exploitations de type C, la fumure organique provient principalement des ordures ménagères et du compostage. Dans l'ensemble des exploitations, environ 46% de la production de la fumure organique est assurée par l'effort conjugué des femmes, jeunes et enfants (tableau 8). Les jeunes à eux seuls assurent en moyenne 21% de production de fumure organique dans les exploitations.

Tableau 7 : Différents types de fumures organiques produites par les producteurs

Typologie	Ordures ménagères	Compost	compost et poudrette de parc	ordure de ménage et fumier de parc	compost et fumier de parc	Stabulation nocturne des animaux
A	2,50	12,50	0,00	0,00	0,00	75,00
B	13,33	0,00	6,67	6,67	6,67	66,67
C	50,00	33,33	0,00	0,00	0,00	16,67
Moyenne Générale en %	21,11	15,28	2,22	2,22	5,00	52,78

Tableau 8 : Les personnes chargées de transporter et d'épandre la fumure organique sur les parcelles

Typologie	% de jeunes	% jeunes et femmes	%jeunes, femmes et enfant	% jeunes et enfants
A	25,000	16,667	54,167	4,167
B	20,000	6,667	33,333	40,000
C	16,667	16,667	50,000	16,667
Moyenne Générale en %	20,56	13,33	45,83	20,28

- **Choix de la culture recevant la fumure organique :** Le choix de la culture qui reçoit la fumure organique varie en fonction des types d'exploitation (figure 2). Ainsi les types A et B favorisent principalement les cultures de rente comme la culture du coton et dans une certaine mesure la culture de maïs tandis que les types C, l'utilise dans les parcelles de céréales comme le mil et le sorgho.

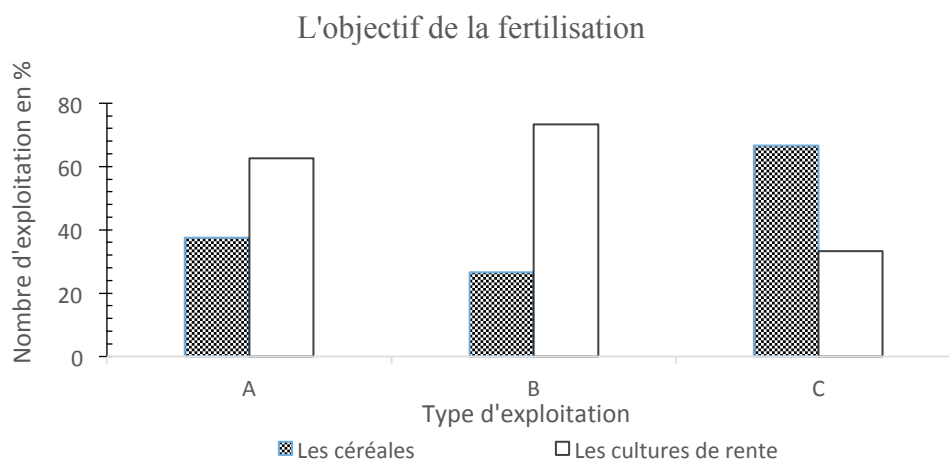


Figure 2 : Choix de l'apport de la fumure organique les cultures

- **Contraintes d'utilisation de la fumure organique :** Les principales contraintes liées à l'utilisation de la fumure organique sont principalement le manque de moyen de transport et de la main d'œuvre qui représentent 45,83% dans les exploitations du type A, contre 33,33% pour les exploitations de type B et C. Par ailleurs, certaines exploitations trouvent également que l'activité de production de la fumure organique constitue une surcharge du calendrier de travail. La figure 3 donne la répartition des contraintes liées à l'utilisation de la fumure organique par types d'exploitation.

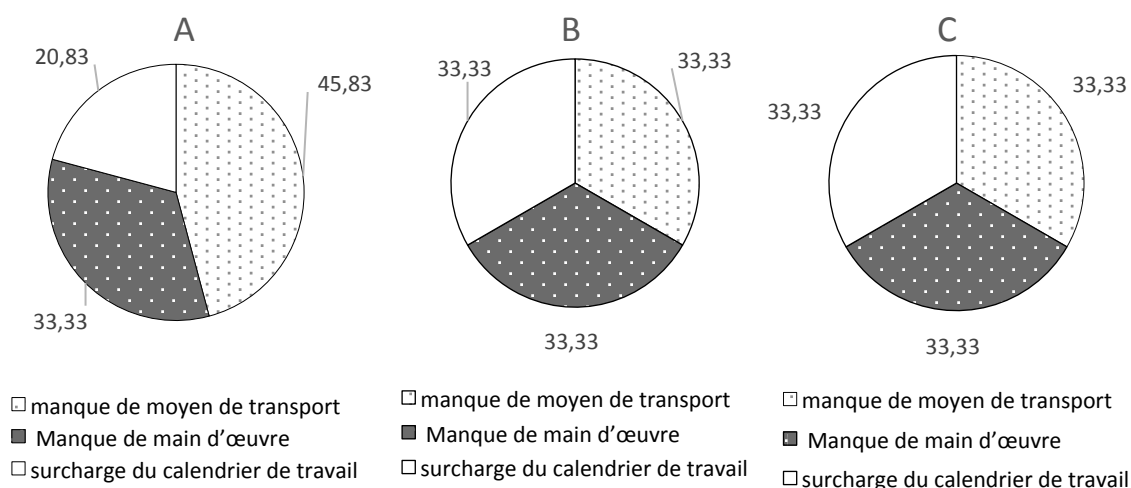
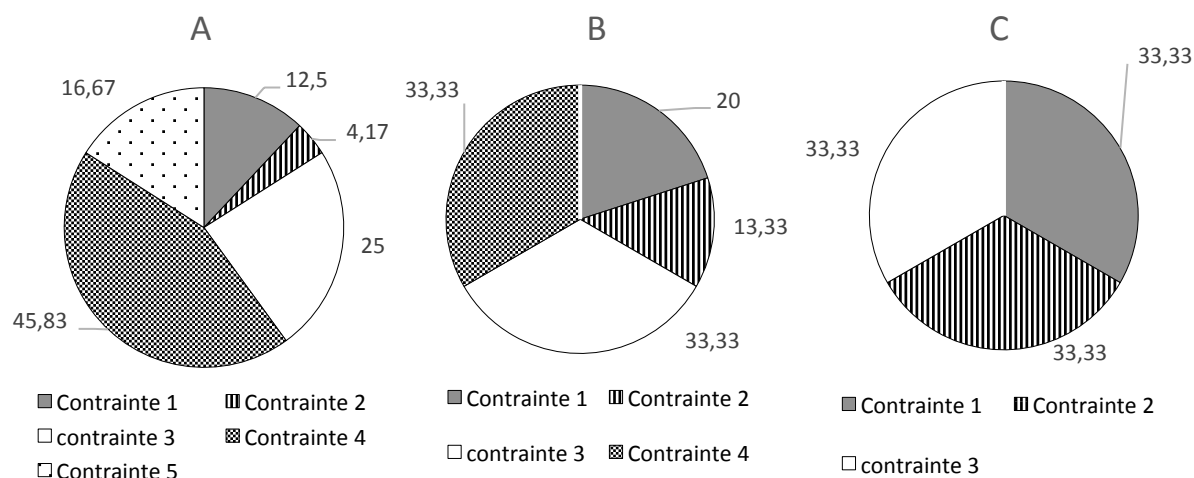


Figure 3 : Contraintes liées à l'utilisation de la fumure organique par types d'exploitation

- **Contraintes liées à la production des fumures organiques**

Les contraintes généralement rencontrées sont : le manque d'eau, de matériels, de main d'œuvre, manque d'animaux notamment pour le compostage. La figure 4 donne la répartition

des contraintes par exploitation Dans les tous les cas l'accès à l'eau apparaît comme une contrainte spécifique majeure pour tous les types d'exploitation.



Contrainte 1 = manque d'animaux, manque d'eau, manque de main d'œuvre et manque de matériel ; Contrainte 2 = manque d'animaux, manque d'eau et manque de main d'œuvre ; Contrainte 3 = manque d'eau et manque de main d'œuvre ; Contrainte 4 = manque de main d'œuvre et manque d'organisation ; Contrainte 5 = manque de matériel et manque d'eau

Figure 4 : Contraintes liées à la production de la fumure organique

En plus de ces contraintes matérielles, les études de corrélation entre la quantité de fumure organique produite par ha et certaines variables comme le nombre de personnes actifs, la superficie totale (ha) et le nombre de bovins montrent des relations de dépendance significatives ($P < 0,05$) (Figure 5). En claire, la quantité de fumure organique dans les exploitations est non seulement dépendante du nombre de cheptels ($R^2 = 0,52$) et plus particulièrement du nombre de bovins ($R^2 = 0,40$) mais aussi du nombre d'actifs ($R^2 = 0,44$) que possède l'exploitation.

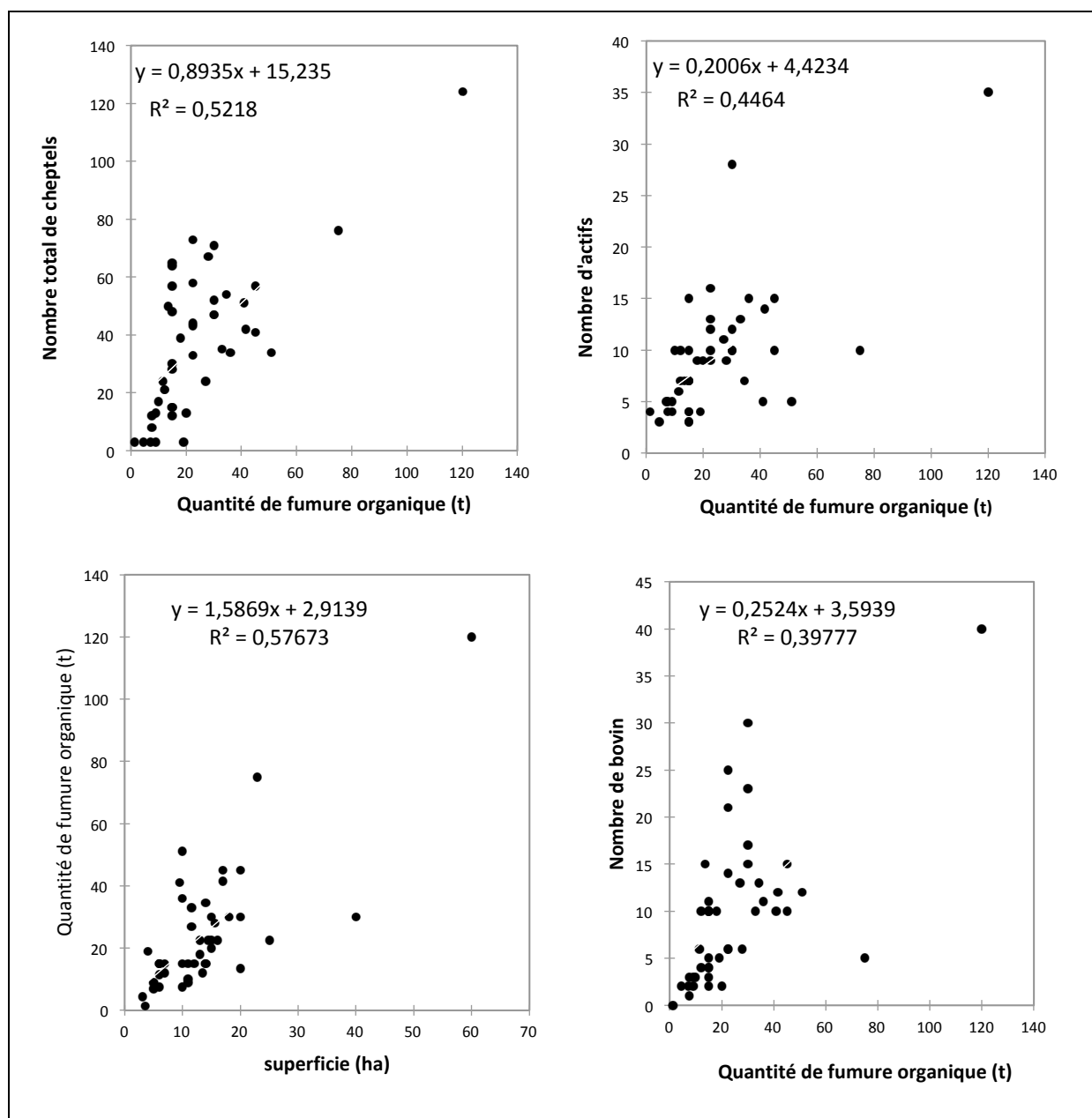


Figure 5 : Corrélation entre la quantité de la fumure organique produite et quelques variables dépendantes.

4.3.2. Mode de compostage

4.3.2.1. Evolution de la température au cours du compostage des tiges de cotonnier et de sorgho

La figure 6 représente l'évolution de la température au cours du compostage avec les tiges du coton et du sorgho. La température enregistrée lors de l'évolution du compostage a varié de 30°C à 47°C. Une température en moyenne 38 °C aux 20 premiers jours a été enregistrée. Une légère augmentation de la température, après chaque arrosage était constatée. Cette oscillation de température a duré jusqu'aux 87^{ème} jours, puis devient stable jusqu'à la fin du compostage.

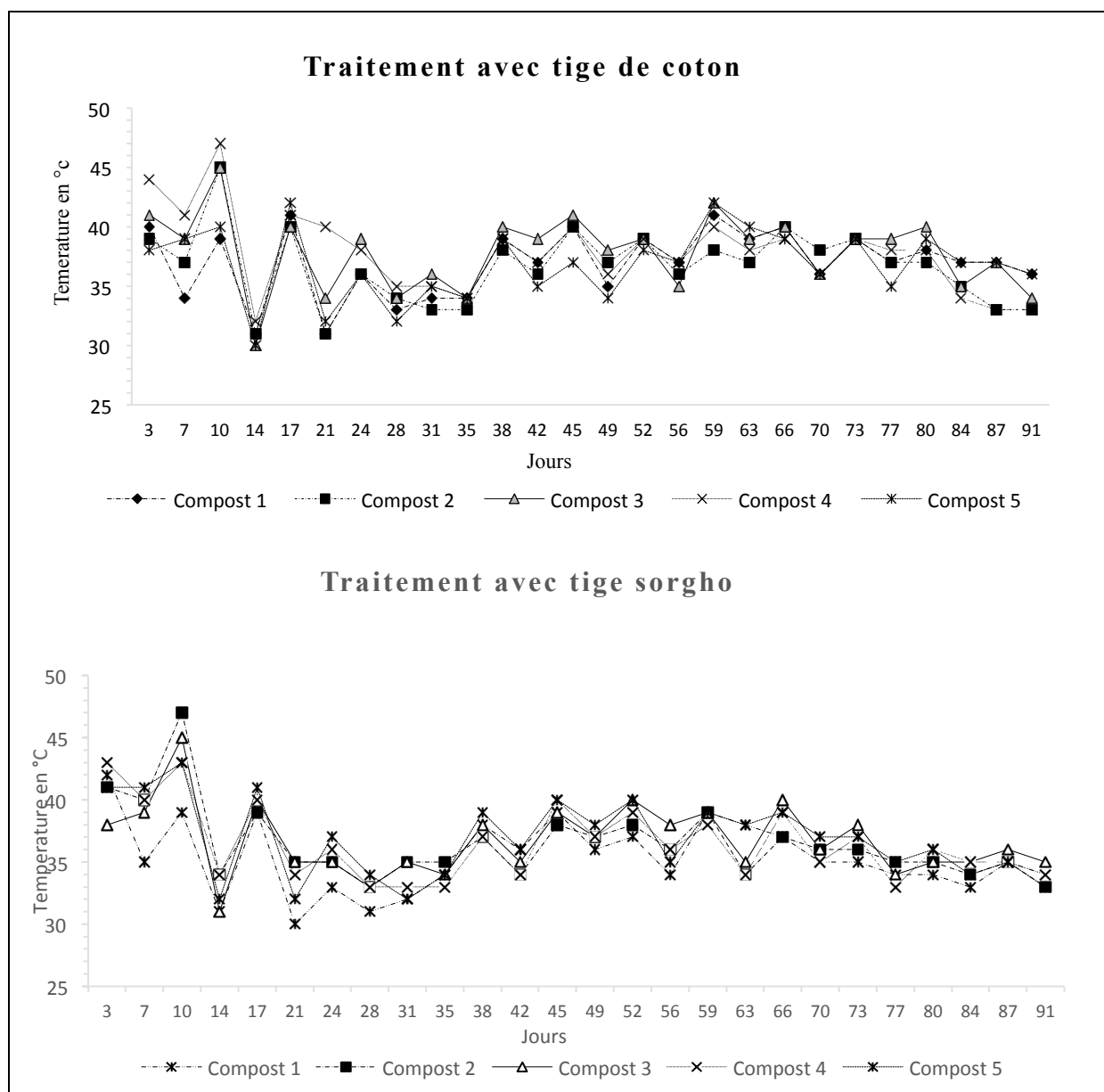


Figure 6 : Evolution des températures au cours du processus de compostage des tiges du sorgho et du cotonnier

4.3.2.2. Quantité d'eau utilisée au cours du compostage (tige de cotonnier et tige de sorgho)

Au totale 7970 et 6115 litres ont été respectivement nécessaire pour composter respectivement les tiges de cotonnier et les tiges de sorgho. La figure 7 nous indique la quantité d'eau utilisée par arrosage. Au total 13 arrosages ont été effectués soit un arrosage par semaine. Il a été noté-l'utilisation d'une quantité d'eau considérable au début du processus de compostage. Pour les traitements avec les tiges de coton, il a été constaté une quantité d'eau importante à chaque arrosage. Le compost 3 a consommé la plus grande quantité d'eau

avec un cumul de 1815 litres. Par rapport au compostage avec les tiges du sorgho, la quantité d'eau n'était importante qu'au début du compostage.

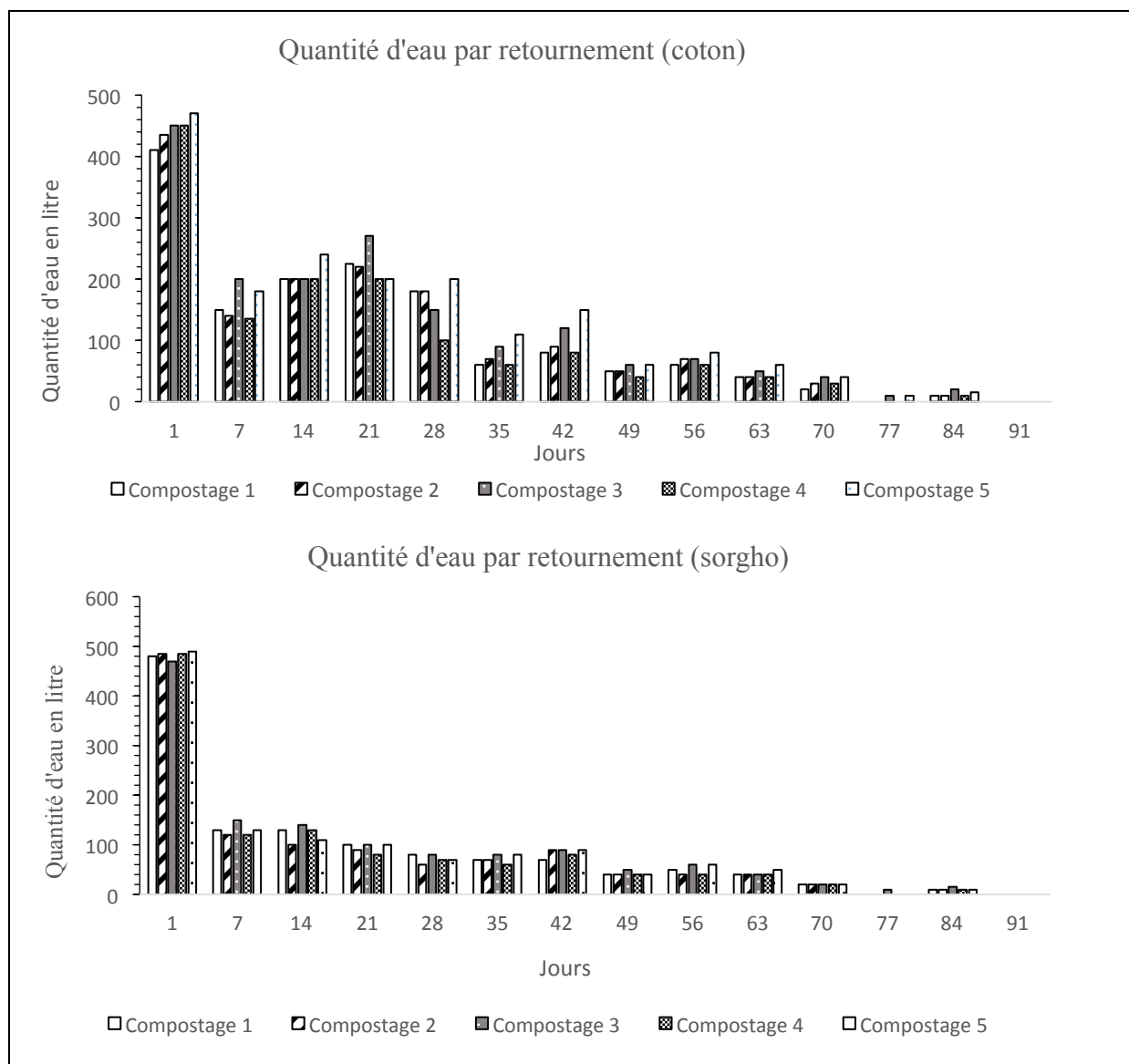


Figure 7 : La quantité d'eau utilisée au cours du processus de compostage des tiges du cotonneur et du sorgho

4.3.2.3. La teneur en azote, phosphore et potassium et du carbone (%) des composts au cours du processus de compostage à base de tige de cotonnier

- **L'azote :** Nous constatons une diminution de la teneur en azote des composts durant le processus du compostage. (figure 8). Cependant, elle est très remarquable au niveau du compost 2 (tige de coton + urée), compost 3 (tige de coton + fumier de parc) et compost 4 (tige de coton + PNT).
- **Le phosphore :** Sa teneur est quasiment stable tout le long du processus de fermentation avec tous les composts excepté le compost 5 où elle diminue.

- **Le potassium** : On constate qu'à partir du 60^{ème} jour, il se stabilise et la variation est très faible avec tous les composts.
- **Le taux du carbone** : Il diminue avec le temps.

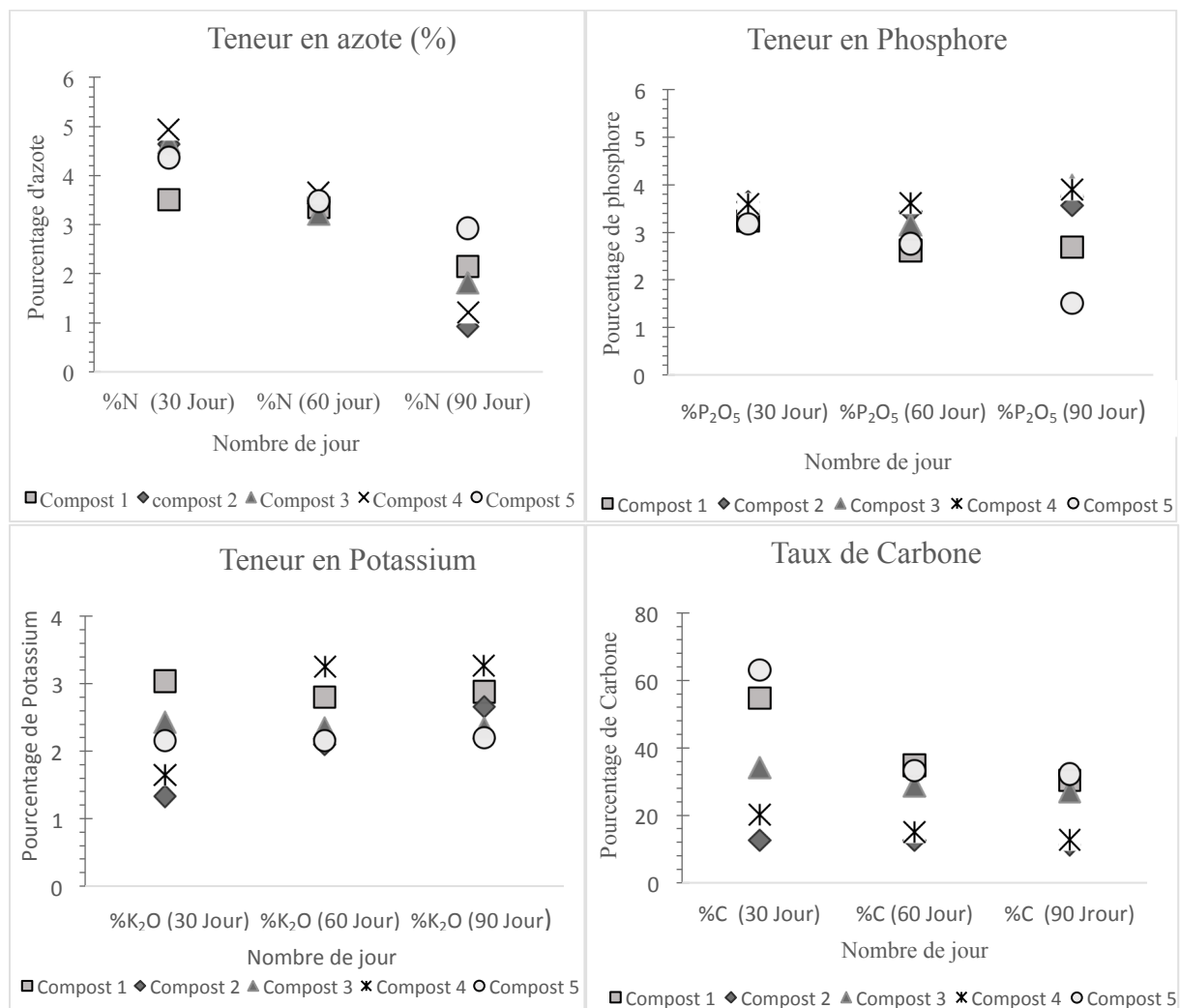


Figure 8 : La teneur des éléments chimiques au cours de l'évolution du processus de compostage à base de tige de cotonnier

4.3.2.4. La teneur en azote, phosphore et potassium et carbone (en %) des composts au cours du processus de compostage à base de tige du sorgho

- **L'azote** : L'analyse de la composition chimique des compostes à base de tiges de sorgho (figure 9) indique une perte de l'azote tout au cours du processus. La perte est très forte au niveau de tous les composts excepté le compost 1 (tige de sorgho + inoculum) où la perte en azote n'est remarquée qu'au 90^e jour.
- **Le phosphore** : Il augmente du 30^e jour jusqu'au 60^e jour où elle se stabilise avec le compost 5 et 4. Par contre, on constate une légère augmentation sur les trois autres composts.

- Le potassium : Au regard de l'analyse porté sur la teneur en potassium (Figure 9), nous remarquons une augmentation de la teneur en potassium avec le compost 1 et le compost 2, tandis qu'elle est presque stable dans le compost 4 et compost 5.
- Le taux de carbone : Il ressort une diminution du taux de carbone sur tous les composts à des degrés différents.

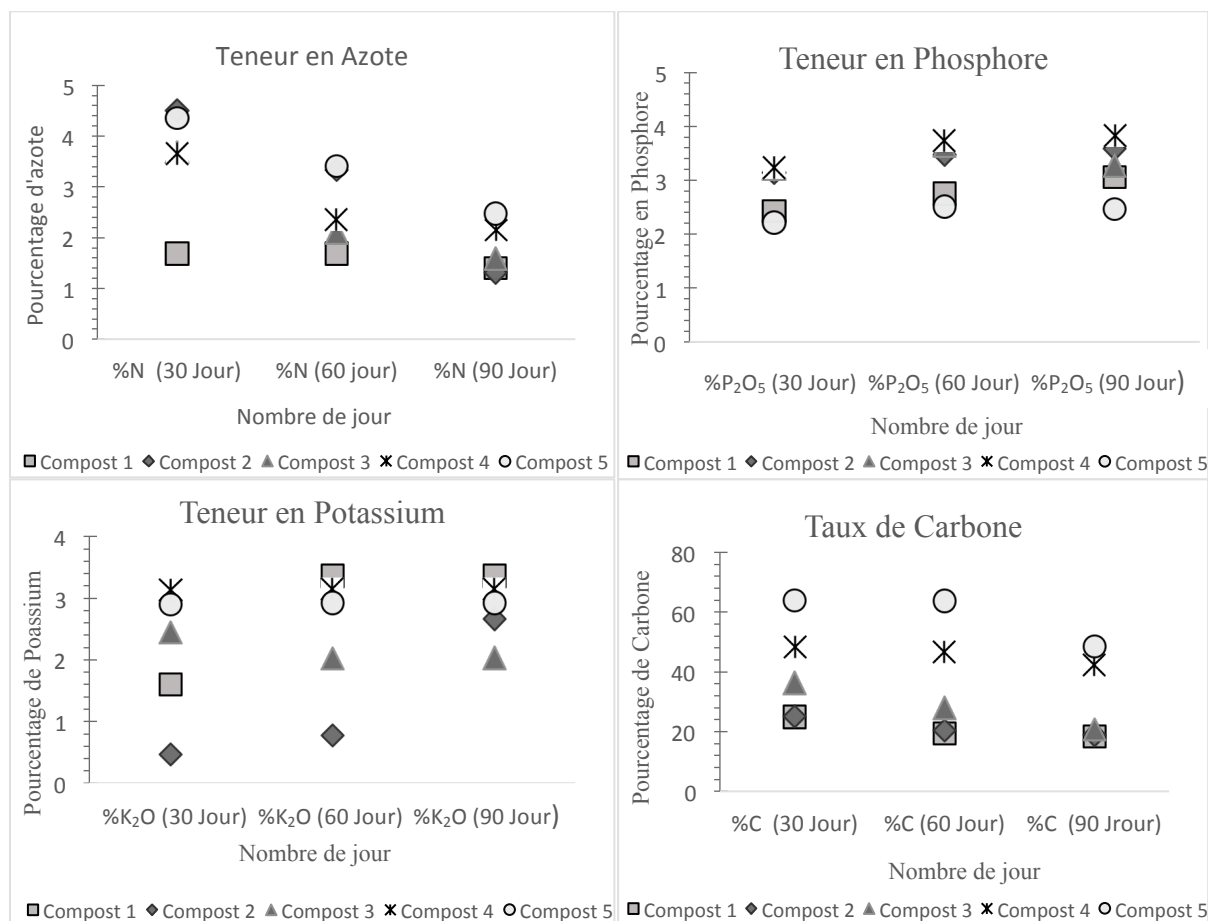


Figure 9 : La teneur des éléments chimiques au cours de l'évolution du processus de compostage à base de tige de sorgho

4.3.2.5. Taux de matière organique et le rapport C/N

Le tableau 8 présente les teneurs des composts en matière organique ainsi que le rapport C/N. De façon générale, on observe une forte corrélation positive ($R^2 = 0,65$ et $y = 0,1151x + 8,9968$) entre le taux de matière organique et le rapport C/N. Tous les traitements qui ont un faible taux de matière organique présentent un état de décomposition avancée. Les traitements avec les tiges du cotonnier ont un rapport C/N plus faible que celui obtenu avec les tiges de sorgho. Ainsi, le faible rapport C/N est obtenu avec le compost 4 (tige de cotonnier + PNT) tandis que le traitement 5 (tige de sorgho + PNT + inoculum compost plus + urée) a eu le rapport C/N plus élevé.

Tableau 8 : Taux de matière organique et le rapport C/N

Traitements	Taux de matière organique (%)	C/N
Compost 1 Tige coton + inoculum	52,4	14,2
Compost 2 Tige coton + Urée	19,3	12,2
Compost 3 Tige coton + Fumier parc	46,5	14,9
Compost 4 Tige coton + PNT	22,0	10,6
Compost 5 Tige coton + Inoculum +Urée +PNT	55,4	11,0
Compost 1 Sorgho + inoculum	31,7	13,2
Compost 2 Tige sorgho + Urée	32,4	14,3
Compost 3 Tige sorgho + Fumier parc	35,7	13,0
Compost 4 Tige sorgho + PNT	72,6	19,0
Compost 5 Tige sorgho + Inoculum +Urée +PNT	83,2	19,5

4.3.3. Résultats de l'évaluation des modes d'apport de la fumure organique

4.3.3.1. Caractéristiques physico-chimiques des sols sur l'horizon 0-20 cm

Les résultats de l'analyse montrent que tous les sols ont un faible taux de carbone organique, tout comme le taux d'azote (Tableau 9). Au regard des résultats, le taux de phosphore total est supérieur au seuil critique 7 mg.kg⁻¹, indiquant que ces sols ne présentent pas de carence en phosphore total. En ce qui concerne le potassium échangeable, elle est évaluée selon le seuil critique de 0,20 meq/100g de sol au-dessous duquel les réserves du sol ne supportent plus les besoins des cultures (Labosep-Sotuba). Pour la granulométrie, les sols sont de type sableux pour les parcelles Adama et Issouf et sablo-limoneux celles de Karim, Nematou et Tegueze.

Tableau 9 : Caractéristiques physico-chimiques des sols sur l'horizon 0-20 cm

	Adama	Karim	Nématou	Téguezé	Issouf
Matière organique % C	0.09	0.19	0.18	0.36	0.26
Azote total % N	0.06	0.04	0.07	0.06	0.03
pH (eau)	6.81	5.75	5.70	4.82	5.02
Phosphore assimilable ppm P	9.03	8.50	9.78	6.06	6.69
Potassium assimilable ppm K	3.64	4.63	7.66	5.98	2.01
Sable % >0.05mm	88	64	84	67	90
Limon fin % 0.05-0.002mm	10	34	14	31	8
Argile % < 0.002mm	2	2	2	2	2

4.3.3.2. Hauteur des plants de maïs (cm) en fonction des doses et modes application de la matière organique

A l'exception des hauteurs des plants de maïs à 15 jours après levée (JAL), les résultats de l'analyse variance sur la hauteur montrent une différence hautement significative entre les

traitements respectivement à 30, 45 et 60 JAL. Le Test de Newman et Keuls au seuil de 5% a permis de les repartir en trois groupes homogènes (Tableau 10). À 60 JAL, correspondant à la fin de la croissance, la plus grande hauteur est obtenue avec le traitement T3 et T4 ; les plantes des traitements T1 et T2 ont les petites hauteurs.

Tableau 10 : Evolution de la hauteur des plants de maïs en fonction des modes d'apport de la fumure organique

Traitement	Hauteur JAL (cm)			
	15 Jours	30 Jours	45 Jours	60 Jours
T1	14,27	47,17 a	149,5 a	172 a
T2	16,35	58,96 a	161 b	179,8 b
T3	19,01	66,76 b	166,5 b	188,4 c
T4	18,16	62,65 b	164 b	186,1 c
Moyenne générale	16,9	58,9	160,3	181,5
Probabilité^a	0,166	0,002	0,001	0,0001
Signification	NS	HS	HS	HS
CV (%)	29,3	18,6	5,7	2,8

4.3.3.3. Effet des fumures sur les composantes du rendement et sur le rendement du maïs-grain (Kg/ha)

L'analyse de variance des données sur le rendement et ses composantes, montre des différences significatives entre les différents traitements. L'application du Test de Newman et Keuls au seuil de 5% a permis de les repartir en trois groupes homogènes. (Tableau 11).

- **Longueur (cm) et le taux de recouvrement (%) des épis:** Le plus long épi ainsi que le plus couvert par graine sont obtenus sur T3 avec une moyenne de 14,4 cm et 90% de couverture contre 13,5 cm pour T1 représentant le plus court épi avec 82,57% de couverture.
- **Le rendement grain (kg/ha):** Les analyses statistiques montrent des différences hautement significatives ($P < 0,0001$) entre les différents traitements (Tableau 11). Le meilleur rendement grain est obtenu avec le traitement T3 (1851 Kg) et T4 (1765 Kg) qui sont statistiquement similaires. Les rendements grain les plus faibles sont obtenus par les traitements T1 et T2.
- **Rendement paille (Kg/ha) :** L'analyse de variance des données sur le rendement paille, il ressort une différence hautement significative entre les traitements. Ainsi, nous avons obtenu le meilleur rendement paille avec les traitements ayant reçu sur les traitements T3

(2786 Kg), T4 (2615) et T2 (2469 Kg) et le plus bas rendement a été obtenu avec le traitement T4 (2083 Kg).

Tableau 11 : Effet de la technologie sur les rendements et ses composantes

Traitements	Variables mesurées				
	Diamètre épis (cm)	Longueur épis (cm)	Taux de recouvrement des épis (%)	Rendement (Kg/ha)	
				Grains	Paille
T1	3,450 a	13,5 a	82,57 a	1177 a	2083 a
T2	3,900 b	14,02 b	87,25 b	1443 a	2469 b
T3	4,320 b	14,43 b	90,12 b	1851 b	2786 b
T4	4,130 b	14,08 b	88,80 b	1765 b	2615 b
Moyenne générale	4	14	87,2	1557,3	2083,3
Probabilité^a	0,001	0,002	0,0001	0,0001	0,0001
Signification	HS	HS	HS	HS	HS

4.4. Discussion générale

4.4.1. Gestion de la matière organique dans les exploitations

Il ressort de notre étude que la gestion de la matière organique est un processus complexe et varie fondamentalement en fonction des caractéristiques techniques de chaque exploitation. Ainsi une exploitation agricole possédant plus d'actifs ou du cheptel notamment des bovins a plus de possibilités de produire suffisamment de matières organiques pour fertiliser les cultures, contrairement aux exploitations de type C, qui ont moins d'actifs et avec peu de moyens. Toutefois, malgré cette "grande quantité" produite par les grandes exploitations, plusieurs études effectuées dans la zone d'étude Sanogo, (2002) ; Kanté, (2001) montrent que cette quantité ne couvre seulement que 26% de la superficie totale et reste insuffisante pour satisfaire les besoins en matière organique du sol. Cette insuffisance de disponibilité de matière organique s'explique par une série de contraintes qui sont de plusieurs ordres :

Les discussions avec les producteurs ont permis de mettre en évidence le rôle crucial que joue la disponibilité de la main d'œuvre dans le processus de production de la fumure organique. En effet nos résultats ont montré qu'en moyenne pour toutes les exploitations 25% à 50% des actifs effectuent d'autres activités extra agricoles notamment pendant des périodes post récoltes correspondant aux périodes adaptées à la production des fumures organiques. Une des principales contraintes est aussi liée au manque de matériel de transport notamment des charrettes. Ceci explique la tendance des producteurs à fumer les parcelles qui sont proches

des concessions améliorant ainsi leur niveau de fertilité au détriment de celles qui sont éloignées .

En plus des fumures produites dans les parcs d'animaux notamment pour les grandes et moyennes exploitations nos résultats ont montré que le compostage reste principalement pratiqué par les petites exploitations ne possédant pas suffisamment de moyens techniques et financières. Ce choix s'explique par la disponibilité dans une certaine mesure de ressources en nature telles que les biomasses, l'eau ou de la main d'œuvre. Dans notre cas d'étude de compostage, il convient de retenir l'importance de la maîtrise de la procédure qui combine le choix de la matière végétale, la période de démarrage du processus ou de la maîtrise des quantités d'eau apportées à des périodes de retournement bien défini. Toutefois au-delà de cette maîtrise, il existe des contraintes liées à la réalisation des fosses nécessitant des efforts physiques qui ont surtout tendance à décourager la plupart des producteurs. La méthode aérobie testée dans cette étude à l'avantage d'éliminer la contrainte liée au creusement des fosses et la décomposition de la matière végétale était constatée à travers la diminution du volume des tas qui a varié en fonction des traitements appliqués. Cette décomposition est facilitée a priori par l'augmentation de la température de 30°C à 47°C montrant ainsi l'intensité de l'activité des micro-organismes tout comme la dynamique des populations microbiennes liées aux modifications du milieu . La stabilisation des températures à 30°C observée à 87^{ème} jour de compostage, traduit l'arrêt de l'activité des microorganismes responsables de la décomposition des substrats, donc l'épuisement des composés facilement biodégradables (Lompo et al., 2009).

La quantité totale d'eau nécessaire pour composter une tonne de tige de coton a été de 7970 litres se rapprochant sensiblement de celle obtenue par (Ouattara, 2016). Cette quantité d'eau apparaît pour certains producteurs comme une contrainte majeure à cause de l'état dessèchement rapide de l'eau dans les puits en lien avec le faible approvisionnement des nappes phréatiques. Il est toutefois important de noter que cet apport en eau se fait de façon échelonnée laissant ainsi le temps pour le rechargement des eaux des puits.

Par ailleurs, au cours du processus de décomposition, les analyses de NPK effectuées au laboratoire ont permis de constater une perte du taux d'azote sur les tous traitements. En effet selon (Witter, 1989) les pertes d'azote durant le compostage se produisent soit par volatilisation de l'ammoniac ou par lessivage des nitrates.

4.4.2. Technique d'apport de la fumure organique

Contrairement à la fertilisation minérale sous forme de micro dose (Sawadogo et al., 2009) la fertilisation organique sous la forme d'application localisée est moins évaluée bien qu'elle

soit assez appliquée par les producteurs dans le système Zaï (Zougmore et al., 2014). Nos résultats ont montré que l'utilisation la matière organique sous la forme de micro dose et à la dose de 2,5t/ha permet d'avoir des rendements de maïs qui sont statistiquement similaires à ceux obtenus avec un apport de 5t/ha par la méthode épandage totale. Ces résultats démontrent l'intérêt de l'application localisée de la fumure organique dans la mesure où à quantité égale, avec l'épandage à la volée, elle permet d'économiser 50% de fumure organique utilisée à l'hectare. Cette approche permet de créer un environnement favorable au bon développement de la culture grâce la concentration d'une quantité suffisante de matière organique autour du système racinaire. Elle permet aussi dans une certaine mesure de limiter la dissémination des graines des adventices et facilitant ainsi leur contrôle tout en limitant leur concurrence avec la culture principale. Au regard de ces avantages, de récentes études de (Aune et al., 2017) attribuent à l'approche de l'application combinée de la matière organique et minérale sous forme micro dose le label de "agriculture de précision" pour la zone sahélienne.

5. CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Au terme de cette étude qui a exploré les principales contraintes liées à la gestion des matières organiques, évaluer les techniques de compostage des tiges de cotonnier et de sorgho et enfin analyser l'opportunité de l'application localisée de la fumure organique ; il peut en être déduit que :

- * Le choix du type de la fumure organique par les producteurs est fonction de leur moyen technique. Ainsi les producteurs ayant peu de moyens se rabattent sur les différentes techniques de compostage. Il ressort que les activités extra agricoles par les actifs de l'exploitation pendant les périodes post-récoltes affectent la disponibilité de la main d'œuvre familiale pour la production de la fumure organique.

- * Il apparaît évident qu'il est possible d'utiliser les tiges de cotonnier au même titre que celles du sorgho pour la production du compost mur au bout de 90 jours. Cette méthode contribue à mieux valoriser les tiges de cotonnier dans la zone cotonnière du Mali- sud contrairement à la pratique de brûlure des tiges que l'on observe couramment en début de saison.

- * Pour l'application de la fumure organique sous la forme de localisation, il ressort clairement que cette approche améliore significativement le rendement par rapport à la technique d'épandage. En plus, elle permet un apport supplémentaire de la fumure sur plus de 50% de la parcelle tout en créant un environnement favorable au bon développement de la culture grâce à la concentration d'une quantité suffisante de matière organique autour du système racinaire.

Au terme de cette étude il est recommandé d'approfondir cette étude en évaluant le coût de la main d'œuvre engendré par l'application localisée de la fumure organique. Il est aussi souhaitable de déterminer la quantité de fumure organique par poquet et en fonction des cultures comme le maïs ou le coton.

Pour le compostage, nous recommandons d'effectuer de mini tests au laboratoire afin de mieux évaluer l'activité des micro-organismes pour définir les périodes d'apport d'eau.

REFERENCES

- Albrecht, A., Angers, D. A., Beare, M. H., et Blanchart, E. (1998) Déterminants organiques et biologiques de l'agrégation: implication pour la recapitalisation de la fertilité physique des sols tropicaux. *Cahiers Agriculture*, 7, 357–363.
- Aune, J. ., Coulibaly, A., et Giller, K. E. (2017) Precision farming for increased land and labour productivity in semi-arid West Africa. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(3): 16.
- Blanchard, M. (2010) Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les système coton-céréale-élevage au Mali-Sud. Thèse de Doctorat : Université Paris-Est Creteil, Val De Marne, 301 p.
- Coulibaly, K., Blanchard, M., Bognini, S., Dugué, P., & Vall, É. (2014) Diversité de la qualité des engrais organiques produits par les paysans d ' Afrique de l ' Ouest : quelles conséquences sur les recommandations de fumure ?, 18(4), 512–523.
- Dembélé, I. (1994) production et utilisation de la fumure organique, 19 p.
- Diarisso, T., Corbeels, M., Andrieu, N., Djamen, P., Douzet, J.-M., & Tittone, P. (2015) Soil variability and crop yield gaps in two village landscapes of Burkina Faso. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 18, 1–18.
- FAO. (2005) Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Documents de travail sur les terres et les eaux, 52 p.
- FAO. (2006) Sécurité alimentaire et développement agricole en Afrique Subsaharienne, 2p.
- Feller, C. (1995) La matière organique du sol : un indicateur de la fertilité : application aux zones sahéenne et soudanienne. *Agric. Dev*, 8, 35–41.
- INERA. (2008). Révolution verte dans les zones sèches-arides de l'Afrique: un lien avec les marchés des engrais microdosages entrées sorties pour les petits agriculteurs les moyens de subsistances au Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso.
- Kanté, S. (2001). Gestion de la fertilité des sols par classe d'exploitation au Mali-Sud. Thèse de Doctorat : Wageningen University and Research Centre Departement of Plant Science., 240p.
- Keita, B. (2000). Les sols dominants du Mali. In Rapport sur les Ressources en Sols du Monde (FAO), n°98, Sous-comité Ouest et Centre Africain de Corrélation des Sols pour la Mise en Valeur des Terres, Réunion 14, Abomey (Benin), du 9 au 13 Octobre 2000, Rome (Italy) : FAO, Div. de la Mise en Valeur des (pp. 95–103).
- Labosep-Sotuba. (n.d.). Norme de l'interprétation des analyses.

- Lompo, F., Segda, Z., Gnankambary, Z., & Ouandaogo, N. (2009). Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. *TROPICULTURA*, 27, 105–109.
- Mustin, M. (1987). *Le compost, gestion de la matière organique*. (François D). Paris.
- Ouattara, A. (2016). Effets des techniques de compostage en tas sur la qualité des composts et évaluation de l'efficacité des composts sur la productivité du maïs au Burkina Faso. Mémoire de DEA, Institut Du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo.Bobo Dioulasso, Burkina Faso, 62 p.
- Piérri, C. (1989). Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Montpellier, France: CIRAD-IRAT, 448 p.
- Sanogo, D. (2002). Typologie des strategies de gestion paysanne de fertilite des sols. Mémoire D'ingénieur, IPR/IFRA de Katibougou (Mali), 63.
- Sawadogo K., S., & Al, E. (2009). Improving crop productivity and farmer income using fertilizer microdosing and the warrantage system in the Volta Basin. CGIAR Challenge Program on Water and Food, 135.
- Séverine, D. (1997). Propriétés et valorisation du compost, 23 p.
- Sissoko, F., Rapidel, B., Gaborel, C., Renou, A., & Aya, O. (2005). Identification des déficiences minérales minérales sur cotonnier au Mali à partir des symptômes visuels, 166–168.
- Somé, N. A., Hien, V., & Ouédraogo, S. J. (2006). Amélioration du statut organique d'un sol ferrugineux tropical lessivé sous jachère artificielle à *Andropogon* spp. Au Burkina Faso: effet des traitements sur la chimie du sol. *Tropicultura*, 24, 200–207.
- Tabo, R., Bationo, A., Bruno, G., Njeunga, J., Marchal, D., Amadou, B., ... Koala, S. (2007). Improving the productivity of sorghum and millet and farmers income using a strategic application of fertilizers in west Africa.
- Thiombiano, L. (2000). Etude de l'importance des facteurs édaphiques et pédopaysagiques dans le développement de la désertification en zone sahélienne du Burkina Faso. Thèse d'Etat, 209 p.
- Vall, É., Koutou, M., Blanchard, M., Bayala, I., & Mathé, S. (2015). Fiche de synthèse du cas ex-post « Fosses à Fumures Organiques »- Gestion innovante des fumures organiques dans les systèmes agro-pastoraux de l'Ouest du Burkina-Faso. CIRAD.fr, 7, 1–7.
- Vall E et al. (2015). La co-conception en partenariat de systèmes agricoles innovants. Cahiers Agriculture (Soumis À Publication).
- Van der Pol, F. (1993). Analyse et évaluation des options pour une agriculture durable, cas

- particulier du Mali. p. 77-98. In Van Reuler H., Prins W. H. (éds), Rôle de la fertilisation pour assurer une production durable des cultures vivrières en Afrique Sub-saharienne, Leidschendam (Pays-Bas), Ponen & Looijen, Wageningen, (p. 259).
- Witter, E. (1989). The fate of nitrogen during high temperature composting of sewage sludge. Straw Mixtures P. H. D Thesis, Ashford Kent, University of London, U.K., 324 p.
- Zougmore, R., Jalloh, A., & Tioro, A. (2014). Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: a review of evidence and analysis of stone bunds and zai techniques. *Agriculture & Food Security*, 3(1): 16.

ANNEXES

Annexe 1 : Différents types de rotations pratiquées par les producteurs dans la zone Koutiala.

Rotation	Typologie		
	A %	B %	C %
Coton_Maïs_Mil	10,092	15,094	19,048
Coton_Maïs_Sorgho	14,679	16,981	19,048
Coton_Mil_Sorgho	19,266	13,208	4,762
Maïs_Mil_Mil	0,000	0,000	19,048
Coton_Coton_Maïs	4,587	5,660	0,000
Coton_Coton_Mil	7,339	5,660	4,762
Coton_Coton_Sorgho	2,752	0,000	4,762
Coton_Maïs_Maïs	3,670	5,660	0,000
Coton_Mil_Maïs	8,257	3,774	0,000
Coton_Mil_Mil	7,339	9,434	0,000
Coton_Sorgho_Maïs	5,505	9,434	0,000
Coton_Sorgho_Mil	3,670	9,434	14,286
Maïs_Maïs_Sorgho	2,752	0,000	0,000
Maïs_Mil_Sorgho	4,587	5,660	0,000
Maïs_Sorgho_Mil	0,000	0,000	9,524
Maïs_Sorgho_Sorgho	5,505	0,000	4,762
Total	100,000	100,000	100,000

Annexe 2 : Une fiche d'enquête

IDENTIFICATION GEOGRAPHIQUE DU VILAGE

REGION:

CERCLE:

COMMUNE:

VILLAGE:

HAMEAU :

Nom du chef exploitation:

N° Exploitation:|.....|.....

*Parcelle de maïs : 1 ; parcelle de coton : 2 ; parcelle de sorgho : 3 ; parcelle de niébé : 4 ;
parcelle d'arachide : 5 ; autre : précisez*

Structure de l'exploitation									
A. Système de culture									
1. Quel est votre type exploitation?				Individuel <input type="checkbox"/> Collectif <input type="checkbox"/>					
2. Quelle est la superficie totale de votre exploitation?									
3. Quelles sont les spéculations pratiquées et leurs superficies sur cette exploitation?									
2015	Parcelle								
	Superficie								
2016	Parcelle								
	Superficie								
2017	Parcelle								
	Superficie								
4. Avez-vous des associations avec des légumineuses ? Si oui les quelles ? Et pourquoi ?									
5. Avez- vous de(s) parcelle(s) mis en jachères ? Si oui quelle est la durée? et pour quelle raison vous la mettez en jachère ?									

6. Avez-vous des parcelles empruntées, louées ? Si oui lesquelles ?	
7. Avez-vous défriché des nouvelles parcelles ces dernières années ?	
8. Depuis combien d'années cultivez-vous chaque parcelle de manière continue ?	
9. Avez-vous une idée de la distance de chaque parcelle à la maison ?	
B. la gestion des activités dans l'exploitation	
10. Combien de personnes vivent sur l'exploitation ?	
11. Combien d'actifs travaillent sur l'exploitation ?	
12. Avez-vous de la main d'œuvre extérieure à l'exploitation ?	Travailleur temporaire <input type="checkbox"/> entraide <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
13. Certains actifs ont-ils des activités parallèles ? Si oui lesquelles ?	
14. Combien de temps est-il réservé pour leurs activités parallèles	
15. Qui a la dernière décision dans l'exploitation ?	Chef d'exploitation <input type="checkbox"/> chef d'équipe <input type="checkbox"/> Autre
16. Qui est le responsable de la gestion (production et utilisation) de la fumure organique ?	Chef d'exploitation <input type="checkbox"/> chef d'équipe <input type="checkbox"/> Autre
17. Combien de personnes actives participent à la production de la fumure organique ?	
18. Qui est à la charge de transporter et d'épandre la fumure organique dans les différentes parcelles ?	Les jeunes <input type="checkbox"/> les femmes <input type="checkbox"/> les v ^o <input type="checkbox"/> les en ^f ants <input type="checkbox"/>

C. Les équipements existant dans l'exploitation	
19. Avez-vous des cheptels ?	Si oui, combien de : a. Bovin <input type="text"/> b. Ovin <input type="text"/> c. Caprin <input type="text"/> d. Âne <input type="text"/> Si non <input type="checkbox"/>
20. Vous avez combien de bœuf de labour ?	
21. Possédez-vous de charrettes ? si oui combien ?	
22. Avez-vous d'autre matérielle de transport ? si oui les quelles ?	
23. Quelles sont votre matérielles de travail de sol ?	Herse <input type="checkbox"/> Charrue <input type="checkbox"/> S <input type="checkbox"/> bir <input type="checkbox"/> al <input type="checkbox"/>
24. Vous empruntez les matérielles de travail pour se servir ?	
25. Quel est le type de sol de chaque parcelle de votre exploitation ?	
26. Quel est le niveau de la fertilité de chaque parcelle ? justifier la réponse avec les indicateurs de la fertilité présente.	
27. Avez-vous de(s) parcelle(s) sensible à l'érosion ? Si oui quelles sont vos mesures prises pour lutter contre ?	
28. Type d'exploitation selon le classement de CMDT	
Production et utilisation de la fumure organique	
A. Production de fumure organique	
29. Quel type de fumure produisez-vous ?	Ordures ménagères <input type="checkbox"/> Compost <input type="checkbox"/> Fumier de parc <input type="checkbox"/> Poud <input type="checkbox"/> de parc (sans litière) <input type="checkbox"/> Fun <input type="checkbox"/> de petits ruminants <input type="checkbox"/>
30. Quels sont les matériaux entrant dans votre processus de compostage ?	- Compost : - Ordure ménagère :
31. Vous faites le compostage ? Si oui, quelle méthode vous utilisez et comment ?	a. En tas <input type="checkbox"/> omment ? b. En fosse <input type="checkbox"/> comment ?

 c. En silo <input type="checkbox"/> comment ?
32. Quelle est la durée moyenne du compostage que vous faites?	3 mois <input type="checkbox"/> 6 mois <input type="checkbox"/> 9 mois <input type="checkbox"/> Autre <input type="checkbox"/>
33. Où sont localisés les lieux de production ?	Près de la maison <input type="checkbox"/> À côté de la parcelle <input type="checkbox"/> Dans le parc <input type="checkbox"/> autre <input type="checkbox"/>
34. À quelle période de l'année se fait le parage des animaux ?	
35. Quels sont les animaux à parquer ? et combien sont-ils ?	
36. Les animaux sont-ils parqués dans quelle parcelle de quelle spéculation de votre exploitation ?	
37. Combien de temps durera le parage ?	
38. Après, les animaux vont-ils en transhumance ? ou sont-ils confiés à un éleveur ?	
39. Au cas où vous confiez à un éleveur, est ce que vous récupérerez la fumure produite ?	
40. Quelles sont les contraintes liées à la production de fumure ?	- manque d'animaux <input type="checkbox"/> - manque de main d'œuvre <input type="checkbox"/> - manque d'organisation <input type="checkbox"/> - demande trop de temps (calendrier trop chargé) <input type="checkbox"/> - autre
41. Selon vous quelles sont les caractéristiques d'une bonne fumure organique ?	La couleur noir <input type="checkbox"/> l'odeur agréable <input type="checkbox"/> La permeabilité <input type="checkbox"/> faible taux du sable <input type="checkbox"/> autre

42. Avez-vous remarqués les effets positifs sur la culture dans les parcelles fumées ? Si oui, comment les cultures se manifestes ?																																																																																													
43. Recevez-vous des fumures organiques hors de votre exploitation ?	Achat <input type="checkbox"/> don <input type="checkbox"/>																																																																																												
44. Quelle est la quantité de fumure organique moyenne produite par an ?	Estimé en kg ou en nombre de charrette : Ordures ménagères Compost Fumier de parc Poudrette de parc (sans litière) Fumier de petits ruminants																																																																																												
B. Gestion des résidus de récolte																																																																																													
45. Quel est le devenir des résidus de chaque culture	<table border="0"> <tr> <td>Maïs</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Usage domestique <input type="checkbox"/> tre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niébé</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Usage domestique <input type="checkbox"/> tre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mil</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Usage domestique <input type="checkbox"/> tre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Coton</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Usage domestique <input type="checkbox"/> tre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sorgho</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Usage domestique <input type="checkbox"/> tre</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arachide</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td> Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Maïs				Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>				Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>				Usage domestique <input type="checkbox"/> tre				Niébé				Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>				Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>				Usage domestique <input type="checkbox"/> tre				Mil				Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>				Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>				Usage domestique <input type="checkbox"/> tre				Coton				Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>				Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>				Usage domestique <input type="checkbox"/> tre				Sorgho				Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>				Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>				Usage domestique <input type="checkbox"/> tre				Arachide				Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>				Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>			
Maïs																																																																																													
Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>																																																																																													
Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>																																																																																													
Usage domestique <input type="checkbox"/> tre																																																																																													
Niébé																																																																																													
Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>																																																																																													
Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>																																																																																													
Usage domestique <input type="checkbox"/> tre																																																																																													
Mil																																																																																													
Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>																																																																																													
Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>																																																																																													
Usage domestique <input type="checkbox"/> tre																																																																																													
Coton																																																																																													
Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>																																																																																													
Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>																																																																																													
Usage domestique <input type="checkbox"/> tre																																																																																													
Sorgho																																																																																													
Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>																																																																																													
Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>																																																																																													
Usage domestique <input type="checkbox"/> tre																																																																																													
Arachide																																																																																													
Lissé pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> és <input type="checkbox"/>																																																																																													
Fourrage <input type="checkbox"/> ompost <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> ai <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/>																																																																																													

	Usage domestique <input type="checkbox"/> Autre Autre Laisse pour le parage <input type="checkbox"/> enfouis <input type="checkbox"/> les <input type="checkbox"/> Fourrage <input type="checkbox"/> compost <input type="checkbox"/> re va <input type="checkbox"/> âture <input type="checkbox"/> Usage domestique <input type="checkbox"/> Autre
46. En 2016 quel a été le rendement de biomasse (estimé en nombre de charrette)	Maïs <input type="checkbox"/> Niébé <input type="checkbox"/> Coton <input type="checkbox"/> sorgho <input type="checkbox"/> Arachide <input type="checkbox"/> Les
47. En 2017 quel est le rendement estimatif de la biomasse ?	Maïs <input type="checkbox"/> Niébé <input type="checkbox"/> Coton <input type="checkbox"/> sorgho <input type="checkbox"/> Arachide <input type="checkbox"/> Les
48. En 2017 les biomasses obtenues seront utilisés de la même façon qu'en 2016 ?	
C. Utilisation de la fumure organique	
49. Les différentes parcelles de votre exploitation reçoivent les mêmes quantités de fumure organique ? Si non pourquoi les priorisés ?	
50. Quelles sont les parcelles sur lesquelles vous aviez apporté la fumure organique cette année ? combien de charretée ?	
51. Pour quel objectif vous avez fumées ces parcelles ?	A cause : <input type="checkbox"/> de la spéculation <input type="checkbox"/> du type du sol <input type="checkbox"/> d'un constat de pauvreté du sol <input type="checkbox"/> de la distance de la parcelle au lieu de production du fumier <input type="checkbox"/> du moyen de transport <input type="checkbox"/> de la quantité de fumure disponible <input type="checkbox"/> les autres parcelles ont été fertilisées récemment <input type="checkbox"/> Autre :
52. Y-a-t-il des parcelles où seulement une portion de cette parcelle a reçu la fumure organique ? si oui pourquoi avez-vous choisies cette	<input type="checkbox"/> Parce que les autres parties ont été fertilisées les années précédentes <input type="checkbox"/> Parce que cette portion est moins fertile que le reste <input type="checkbox"/> Autre

partie ?	
53. Fertilisez-vous une parcelle deux ans de suite ? Quelle est la fréquence d'apport de FO sur une parcelle ?	
54. Quelle est la contrainte liée à l'utilisation des fumures organiques ?	<input type="checkbox"/> manque de moyen de transport manque de main d'œuvre <input type="checkbox"/> surcharge du calendrier de travail <input type="checkbox"/> Autre
D. Gestion de la fumure minérale	
55. Utilisez-vous des engrais minéraux ?	Urée Complexe coton Complexe céréale Autre
56. Quelles sont les cultures dont vous utilisez la fertilisation minérale ?	Maïs <input type="checkbox"/> Niébé <input type="checkbox"/> Coton <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sorgho <input type="checkbox"/> Arachide Autres <input type="checkbox"/>
57. Mettez-vous plus ou moins d'engrais minéral dans les parcelles ayant reçu la fumure organique ?	Si plus pourquoi : Si moins pourquoi :
58. Quelle est la provenance de ces engrais ?	CMDT <input type="checkbox"/> ONG <input type="checkbox"/> Vendeurs d'engrais particuliers <input type="checkbox"/> Autre ...
59. Quelle est la quantité que vous apportez dans chaque spéculation (en nombre de sac) ?	Maïs <input type="checkbox"/> Niébé <input type="checkbox"/> Coton <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sorgho <input type="checkbox"/> Arachide Autres <input type="checkbox"/>
60. Connaissez-vous la dose vulgarisée ?	
61. Dans ces dernières années vous avez eu une évolution sur les doses que vous appliquez ?	
Rendements	
62. Tenez-vous compte du rendement d'une culture pour la fertilisée ?	
63. En 2016 quelle a été le rendement des cultures ayant reçu la fumure organique ?	Maïs <input type="checkbox"/> Niébé <input type="checkbox"/> Coton <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> sorgho <input type="checkbox"/> Arachide Autres <input type="checkbox"/>
64. Quel constat faites-vous sur	

l'évolution des rendements dans ces dernières années ?	
Aperçu financier	
65. Activité agricole est-elle génératrice ?	
66. A quoi sont utilisés les revenus d'une campagne ?	<ul style="list-style-type: none"> + achat de matériel agricole ou d'animaux + achat de terres + construction de la maison + achat de biens matériels (vélo, moto, etc.) + autre (mariage, cérémonies)
67. Les revenus de l'exploitation permettent-ils d'investir l'année suivante dans l'entretien de la fertilité des parcelles ?	

